

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-232484

(43)Date of publication of application : 27.08.1999

(51)Int.Cl.

G06T 15/00

G06T 1/00

G09B 29/00

G09B 29/10

(21)Application number : 10-314420

(71)Applicant : WALL:KK

(22)Date of filing : 05.11.1998

(72)Inventor : MURAKAMI KENICHI
OTA MITSUHIRO
NISHIKIMI SEIJI
TAKAHASHI NARIYASU
TASHIMO NAOHIRO

(30)Priority

Priority number : 09335639

Priority date : 05.12.1997

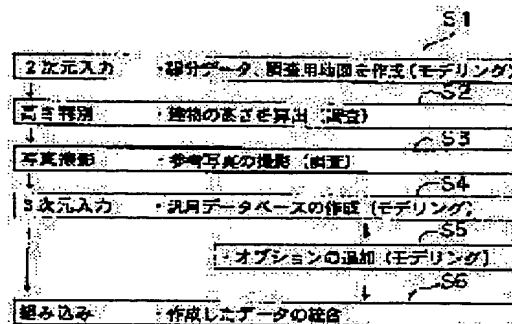
Priority country : JP

(54) METHOD FOR GENERATING THREE-DIMENSIONAL CITY DATA, ITS DEVICE AND MEASURING INSTRUMENT FOR SURVEYING THREE-DIMENSIONAL CITY DATA

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for measuring the heights of buildings being suitable to construct a three-dimensional city database and also to provide the modeling method of the buildings.

SOLUTION: The data generating method is provided with surveying steps for collecting data including height information of the buildings at every block (S2 and S3), modelling steps for executing the stereoscopic modelling of the buildings, based on the collected data (S1, S4 and S5) and an integrated step for incorporating data generated by the modelling steps so as to generate the three-dimensional city database (S6). A less handling time is required in measurement at every block than that at every building. Modelling is discriminated in accordance with the important degrees of the buildings so that a data amount can be suppressed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.11.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3015353

[Date of registration] 17.12.1999

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-232484

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月27日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I
G 0 6 T 15/00		G 0 6 F 15/62 3 6 0
1/00		G 0 9 B 29/00 Z
G 0 9 B 29/00		29/10 Z
29/10		G 0 6 F 15/62 3 3 5

審査請求 有 請求項の数11 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願平10-314420	(71) 出願人	597170287 株式会社ウォール 北海道札幌市中央区北2条西10丁目2番7号
(22) 出願日	平成10年(1998)11月5日	(72) 発明者	村上 憲一 北海道札幌市中央区北2条西10丁目2番7号 株式会社ウォール内
(31) 優先権主張番号	特願平9-335639	(72) 発明者	太田 光弘 北海道札幌市中央区北2条西10丁目2番7号 株式会社ウォール内
(32) 優先日	平9(1997)12月5日	(74) 代理人	弁理士 稲葉 良幸 (外2名)
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

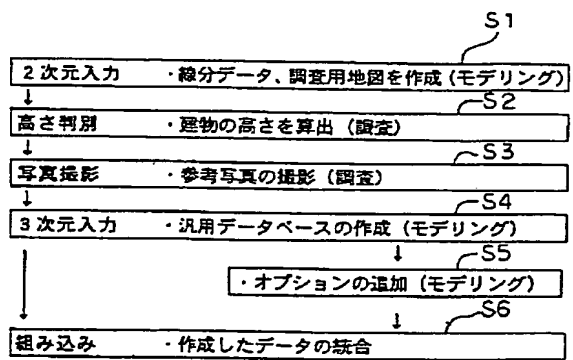
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元都市データ生成方法、3次元都市データ生成装置及び3次元都市データ調査用測定装置

(57) 【要約】

【課題】 3次元都市データベースの有用性は認められているが、その実現のためのモデリング、及び情報収集のコストの壁に苦しんでいた。この発明は、3次元都市データベースを構築するために適した建物の高さの計測方法及び建物のモデリング方法を提供する。

【解決手段】 ブロックごとに建物の高さ情報を含むデータを収集する調査ステップ (S2、S3) と、収集された前記データに基づき前記建物の立体的なモデリングを行うモデリングステップ (S1、S4、S5) と、前記モデリングステップにより生成されたデータを組み込むことにより3次元都市データベースを生成する統合ステップ (S6) とを備える。ブロックごとの計測は、建物ごとにくらべて手間が少ない。モデリングは建物の重要度に応じて区別されるのでデータ量を抑えることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 都市の建物の高さ情報を含むデータを収集する調査ステップと、収集された前記データに基づき前記建物の立体的なモデリングを行うモデリングステップと、前記モデリングステップにより生成されたデータを組み込むことにより3次元都市データベースを生成する統合ステップとを備える3次元都市データ生成方法。

【請求項2】 前記調査ステップは、前記建物の高さを算出するために距離及び角度を測定する高さ判別ステップと、対象となる建物の写真撮影を行う写真撮影ステップとを含むことを特徴とする請求項1記載の3次元都市データ生成方法。

【請求項3】 前記調査ステップは、複数の建物を含むブロックについて行い、各建物の調査は、角の建物については当該角の方向から行うとともに、建物の特徴的な部分については当該部分を調査することを特徴とする請求項1記載の3次元都市データ生成方法。

【請求項4】 前記調査ステップは、複数の建物を含むブロックについて行い、各建物の調査は、前記ブロックの角においてのみ行うことを特徴とする請求項1記載の3次元都市データ生成方法。

【請求項5】 前記調査ステップは、デジタルカメラを用い、前記建物の撮影を行うとともに、撮影された画像の画素データに基づき前記建物の高さを判定することを特徴とする請求項1記載の3次元都市データ生成方法。

【請求項6】 前記モデリングステップは、前記建物の重要度に応じてモデリングを区別することを特徴とする請求項1記載の3次元都市データ生成方法。

【請求項7】 前記モデリングステップは、前記建物以外の敷地のポリゴンに高低差を設けることを特徴とする請求項1記載の3次元都市データ生成方法。

【請求項8】 都市の建物の高さ情報を含むデータを受ける入力部と、入力された前記データに基づき前記建物の立体的なモデリングを行うモデリング処理部と、前記モデリング処理部により生成されたデータを格納する記憶手段とを備え、

前記モデリング処理部は、前記建物のモデリングを、予め定められた、3次元都市データベースの精度及び実感を高めるために重要であってデータベース中に正確に再現される必要があるAランクの建物と、3次元都市データベースの精度及び実感を高めるために比較的重要であってデータベース中にやや正確に再現される必要があるBランクの建物と、Aランク及びBランクの建物よりも重要度が低い建物と、前記建物以外の敷地の形状とに分けて行うことを特徴とする3次元都市データ生成装置。

【請求項9】 請求項1記載の3次元都市データ生成方法の調査ステップにおいて都市の建物のデータを収集するために用いられ、角度を測定するハンドレベルと、距離を測定するレンジングと、建物を撮影するデジタルカメラとを備え、前記ハンドレベル、前記レンジング、及

び前記デジタルカメラを一体に構成したことを特徴とする3次元都市データ調査用測定装置。

【請求項10】 請求項1記載の3次元都市データ生成方法の調査ステップにおいて都市の建物のデータを収集するために用いられるデジタルカメラであって、電気式水準器と、前記デジタルカメラの向きの調整のために、前記電気式水準器の出力に基づきファインダーの画面中に水平線を表示する表示手段と、建物の測定点を指定するためのポインティング手段と、撮影された画像データ及び前記測定点の画素情報を出力する出力手段とを備える3次元都市データ調査用測定装置。

【請求項11】 前記デジタルカメラは、さらに距離を測定するレンジングを含み、

前記画像データ、前記測定点の画素情報、及び前記距離情報を受け、前記測定点の画素情報から前記測定点の角度を計算するとともに、前記距離情報と前記角度から前記測定点の高さを計算する携帯用情報端末を備える3次元都市データ調査用測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、3次元都市情報を電子化して蓄積するための3次元都市データ生成方法、そのためのシステム、そのためのモデリング方法、並びに3次元都市データの応用装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、カーナビゲーションシステムなどの普及に伴い、従来の地図に代わる電子地図の需要が高まっている。従来のこの種の電子地図は、従来の道路地図と同様に道路と建物を上から見た状態を表示する2次元地図である。しかしながら、画像処理技術の進歩に伴い、従来の地図に高さ方向の3次元情報を付加した3次元都市データベースの需要が高まってきた。3次元都市データベースを用いれば、さまざまな視点からリアルな都市画面を提供することができる。例えば、コンピュータの操作により都市を自由に動き回り、現地に行く前に見知らぬ都市を理解することができる。

【0003】ところで、3次元都市データベースを構築するにあたり、まず問題となるのは実際にどのように3次元、特に建物の高さ方向のデータを採取するか、建物をどのようにモデリングするかである。従来の3次元都市データの作成方法として、例えば、特開平4-293078号には「地図モデル用3次元データの作成方法」には、等高線の点列データより小さなピッチの2次元平面上のメッシュ点について点列データに基づいて高さデータをそれぞれ求めることにより、滑らかな立体形状の地形モデルを作成する方法が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の地図には地形の等高線は表示されているものの、建物の高さはなんら記載されていなかった。実際の都市の3次元都市

データベースを構築しようとする、建物の高さ方向のデータの採取と建物のモデリングは非常に大きな問題であり、3次元都市データベースの実現を阻んでいる。

【0005】日経コンピュータグラフィックスの1997年4月号には、「3次元都市地図の可能性を探る、膨大な開発コストの壁をどうやって破るか」のタイトルで記事が掲載されている。この記事には次のことが記載されている。「標高データを元に山間部を3次元表示するソフトもあるが、非常に粗い精度のものしかない。都市部の地図データまだ手探りの段階ではあるが、開発者やユーザーの期待は大きい」。しかしながら、「実際の業務で使うとなれば、より広範囲な地域のモデリングが必要となり、そのためのコストは膨大になる。また、日々刻々姿を変える都市の様子を更新するにも大変な労力と資金がいる」。「大部分の日本の都市は小さな建築物が密集していて、人海戦術的な測量作業が必須となるだろう」。そのため、ヘリコプターや衛星写真を利用するモデリング方法があると述べられている。

【0006】また、同雑誌の1997年8月号には、「3次元都市“フィラデルフィア2000年プロジェクト”」のタイトルで記事が掲載されている。この記事は、3次元都市の将来性に言及しつつも、「最も根本的な試練はモデリングに必要なすべての情報をどうやって集めるか、という問題だ」と述べ、実際の都市のモデリングの困難さを指摘している。

【0007】以上の文献からわかるように、3次元都市データベースの有用性は認めつつも、その実現のためのモデリングをどうやってするか、そのための情報収集のコストの壁に苦しみ、打開策が見出せていなかった。

【0008】この発明はかかる課題を解決するためになされたものであり、3次元都市データベースを構築するために適した建物の高さの計測方法及び建物のモデリング方法を提供するものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、都市の建物の高さ情報を含むデータを収集する調査ステップと、収集された前記データに基づき前記建物の立体的なモデリングを行うモデリングステップと、前記モデリングステップにより生成されたデータを組み込むことにより3次元都市データベースを生成する統合ステップとを備える。

【0010】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記調査ステップが、前記建物の高さを算出するために距離及び角度を測定する高さ判別ステップと、対象となる建物の写真撮影を行う写真撮影ステップとを含む。

【0011】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記調査ステップが、複数の建物を含むブロックについて行い、各建物の調査は、角の建物については当該角の方向から行くとともに、建物の特徴的な部分につい

ては当該部分を調査する。これにより、実用上必要なデータを得つつ、ひとつひとつの建物について調査する場合よりも効率的な調査が可能になる。

【0012】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記調査ステップが、複数の建物を含むブロックについて行い、各建物の調査は、前記ブロックの角においてのみ行う。このことにより、さらに効率的な調査が可能になる。

【0013】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記調査ステップが、デジタルカメラを用い、前記建物の撮影を行うとともに、撮影された画像の画素データに基づき前記建物の高さを判定する。建物の高さ測定をその撮影と併せて行うことができるので、効率的な調査が可能になる。

【0014】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記モデリングステップが、前記建物の重要度に応じてモデリングを区別する。重要度に適するモデルに区分し、建物が3次元都市データベースにおいて果たす役割に応じたデータ量で、その建物を表現することができる。したがって、データ量の増大を抑制しつつ、モデリングが可能になる。

【0015】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記建物のモデリングを、3次元都市データベースの精度及び実感を高めるために重要であってデータベース中に正確に再現される必要があるAランクの建物と、3次元都市データベースの精度及び実感を高めるために比較的重要であってデータベース中にやや正確に再現される必要があるBランクの建物と、Aランク及びBランクの建物よりも重要度が低い建物と、前記建物以外の数地の形状とに分けて行う。実際の都市を対象とするときは、このようなランクづけにより最適なモデリングが可能になる。

【0016】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記Aランクの建物のモデルは、仮想空間中の複数のポリゴンで構成され、前記複数のポリゴンは、屋根上の看板のポリゴンと、屋上のポリゴンと、窓のポリゴンと、外壁のポリゴンと、勾配屋根のポリゴンと、出入口のポリゴンとを含む。

【0017】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記Bランクの建物のモデルは、仮想空間中の複数のポリゴンで構成され、前記複数のポリゴンは、屋上のポリゴンと、窓のポリゴンと、外壁のポリゴンと、勾配屋根のポリゴンと、出入口のポリゴンとを含む。

【0018】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記Cランクの建物のモデルは、屋上のポリゴンと、窓のポリゴンと、箱状の外壁のポリゴンと、勾配屋根のポリゴンと、出入口のポリゴンとを含む。

【0019】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記屋上のポリゴンを、前記外壁のポリゴンの外側に所定の間隔で離隔した状態で配置する。このことによ

り、コンピュータにおける誤動作、例えば、ポリゴンが同じ位置に配置されたときに起こる、コンピュータがどちらのポリゴンを対象として処理すべきか混乱し、レンダリング等の処理を正しく行うことができないといった誤動作を防止できる。

【0020】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記窓のポリゴンを、前記外壁のポリゴンの外側に所定の間隔で離隔した状態で配置する。

【0021】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記外壁のポリゴンに、前記調査ステップで撮影した建物の壁面の画像データをテクスチャとして貼り付ける。このことにより壁面についての実感的な表現を簡単に行うことができる。なお、建物の壁面全体を撮影し、これをポリゴンにテクスチャとして貼り付けることにより壁面の窓や出入口などを表現することは、壁面全体の撮影自体が困難であり実用的ではない。これに対し、建物の壁面の画像データをテクスチャとして貼り付けることは、いわば壁面の画像データ（例えば、レンガ表現、タイル表現、コンクリート表現など）を部品として使用するので、撮影自体は比較的容易である。

【0022】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記モデリングステップが、前記建物以外の敷地のポリゴンに高低差を設ける。このことにより、3次元都市データをより実感的に構成することができる。これは、例えば、カーナビゲーションシステムのように地表面に沿って視点が移動する場合に有効である。

【0023】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記モデリングステップが、実際の傾斜が略1:100であるときには高低差を設けず、実際の傾斜が略1:20であるときに高低差を設ける。実験結果に基づき、必要な範囲において高低差を設けることにより、3次元都市データ生成のための手間を省くとともに、データ量の増大を抑制することができる。

【0024】この発明に係る3次元都市データ生成方法は、前記モデリングステップが、前記敷地の種類として少なくとも道路のポリゴン、建物の敷地のポリゴン、及び交差点のポリゴンを含むときに、前記交差点のポリゴンを除く部分について三角分割を行うことにより高低差を表現する。前記交差点を含むのは、次のような理由による。(1)多くの場合、高さの基準が交差点に集中しているために地図上に記載された高さの入力が容易だからである。(2)交差点を基準にすることにより交差点近傍の道路の幅方向は常に水平となり、都市の3次元都市データとして使いやすいためである。(3)道路の位置づけはこの都市データの中で非常に高いからである。また、前記交差点を三角分割から除くのは、多くの場合、交差点は平面であると考えられるからである。したがって、平面とは考えられない複雑な形状の交差点は、ここでいう交差点に含まれない。

【0025】この発明に係る3次元都市データ生成装置

は、都市の建物の高さ情報を含むデータを受ける入力部と、入力された前記データに基づき前記建物の立体的なモデリングを行うモデリング処理部と、前記モデリング処理部により生成されたデータを格納する記憶手段とを備え、前記モデリング処理部は、前記建物のモデリングを、予め定められた、3次元都市データベースの精度及び実感を高めるために重要であってデータベース中に正確に再現される必要があるAランクの建物と、3次元都市データベースの精度及び実感を高めるために比較的重要であってデータベース中にやや正確に再現される必要があるBランクの建物と、Aランク及びBランクの建物よりも重要度が低い建物と、前記建物以外の敷地の形状とに分けて行う。

【0026】この発明に係る3次元都市データ生成装置は、前記Aランクの建物のモデルは、仮想空間中の複数のポリゴンで構成され、前記複数のポリゴンは、屋根上の看板のポリゴンと、屋上のポリゴンと、窓のポリゴンと、外壁のポリゴンと、勾配屋根のポリゴンと、出入口のポリゴンとを含む。

【0027】この発明に係る3次元都市データ生成装置は、前記Bランクの建物のモデルは、仮想空間中の複数のポリゴンで構成され、前記複数のポリゴンは、屋上のポリゴンと、窓のポリゴンと、外壁のポリゴンと、勾配屋根のポリゴンと、出入口のポリゴンとを含む。

【0028】この発明に係る3次元都市データ生成装置は、前記Cランクの建物のモデルは、屋上のポリゴンと、窓のポリゴンと、箱状の外壁のポリゴンと、勾配屋根のポリゴンと、出入口のポリゴンとを含む。

【0029】この発明に係る3次元都市データ生成装置は、前記モデリング処理部が、前記屋上のポリゴンを、前記外壁のポリゴンの外側に所定の間隔で離隔した状態で配置する。

【0030】この発明に係る3次元都市データ生成装置は、前記モデリング処理部が、前記窓のポリゴンを、前記外壁のポリゴンの外側に所定の間隔で離隔した状態で配置する。

【0031】この発明に係る3次元都市データ生成装置は、前記モデリング処理部が、前記外壁のポリゴンに、予め撮影された建物の壁面の画像データをテクスチャとして貼り付ける。

【0032】この発明に係る3次元都市データ生成装置は、前記モデリング処理部が、前記建物以外の敷地のポリゴンに高低差を設ける。

【0033】この発明に係る3次元都市データ生成装置は、前記モデリング処理部が、前記実際の傾斜が略1:100であるときには高低差を設けず、実際の傾斜が略1:20であるときに高低差を設ける。

【0034】この発明に係る3次元都市データ生成装置は、前記モデリング処理部が、前記敷地の種類として少なくとも道路のポリゴン、建物の敷地のポリゴン、及び

交差点のポリゴンを含むときに、前記交差点のポリゴンを除く部分について三角分割を行うことにより高低差を表現する。

【0035】この発明に係る記録媒体は、コンピュータを、前記モデリング処理部として機能させるためのプログラムを記録したものである。

【0036】媒体には、例えば、フロッピーディスク、ハードディスク、磁気テープ、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD、ROMカートリッジ、バッテリーバックアップ付きのRAMメモリカートリッジ、フラッシュメモリカートリッジ、不揮発性RAMカートリッジ等を含む。

【0037】また、電話回線等の有線通信媒体、マイクロ波回線等の無線通信媒体等の通信媒体を含む。インターネットもここでいう通信媒体に含まれる。

【0038】媒体とは、何等かの物理的手段により情報（主にデジタルデータ、プログラム）が記録されているものであって、コンピュータ、専用プロセッサ等の処理装置に所定の機能を行わせることができるものである。要するに、何等かの手段でもってコンピュータにプログラムをダウンロードし、所定の機能を実行させるものであればよい。

【0039】この発明に係る3次元都市データ調査用測定装置は、3次元都市データ生成方法の調査ステップにおいて都市の建物のデータを収集するために用いられ、角度を測定するハンドレベルと、距離を測定するレンジングと、建物を撮影するデジタルカメラとを備え、前記ハンドレベル、前記レンジング、及び前記デジタルカメラを一体に構成したことを特徴とする。

【0040】この発明に係る3次元都市データ調査用測定装置は、3次元都市データ生成方法の調査ステップにおいて都市の建物のデータを収集するために用いられるデジタルカメラであって、電気式水準器と、前記デジタルカメラの向きの調整のために、前記電気式水準器の出力に基づきファインダーの画面中に水平線を表示する表示手段と、建物の測定点を指定するためのポインティング手段と、撮影された画像データ及び前記測定点の画素情報を出力する出力手段とを備える。

【0041】この発明に係る3次元都市データ調査用測定装置は、前記デジタルカメラが、さらに距離を測定するレンジングを含み、前記画像データ、前記測定点の画素情報、及び前記距離情報を受け、前記測定点の画素情報から前記測定点の角度を計算するとともに、前記距離情報と前記角度から前記測定点の高さを計算する携帯用情報端末を備える。

【0042】この発明に係る3次元カーナビゲーションシステムは、3次元都市データベースと、位置情報を得る位置センサと、進行方向を得る方向センサと、ナビゲーション画面を表示する表示部と、前記位置センサ及び前記方向センサの出力に基づき視点及び視線を決定する

とともに、前記視点及び前記視線に基づき前記3次元都市データベースのデータから表示画像を生成する処理部とを備える。

【0043】好ましくは、現在の住所、進行方向の状況（渋滞しているか空いているか等）、左右の状況（左右の道路は迂回路として利用できるか否か、迂回したときの所要時間、迂回による利害得失等）などの付加情報を併せて生成する付加情報生成部を備えても良い。また、利用者の操作により手動で、あるいは地図の表示内容に応じて自動的に3次元表示と通常の平面的表示とを切り替える表示選択部を設けても良い。自動選択方法の具体例として、運転中においては3次元表示とし、周辺の建物の状況（例えば公共施設、特定の会社、レストラン等の所在を示すためのもの）を確認するときは平面表示とすることが考えられる。

【0044】この発明に係る日影シミュレーションシステムは、3次元都市データベースと、前記3次元都市データベースから得られる所定の建物の位置、高さ及び形状に関する情報と与えられた太陽の位置に基づき日影の線を求めて日影の領域を特定する処理部とを備える。

【0045】太陽の位置を移動させて所定の時期における日影の領域を求めるようにしてもよい。例えば、冬至のときに1日中日影になる領域、一時的に日影になる領域、全く日影にならない領域を求めることができる。

【0046】この発明に係る電波障害シミュレーションシステムは、3次元都市データベースと、前記3次元都市データベースから得られる所定の建物の位置、高さ及び形状に関する情報と与えられた電波源の位置に基づき電波障害状況を求める処理部とを備える。

【0047】前記処理部に、マイクロ波等の直線性の強い電波に関して電波障害状況を求める第1処理部と、比較的波長が長い電波について電波障害状況を求める第2処理部とを備えてもよい。さらに、建物の高さ方向の電波の回折を考慮して電波障害状況を求める第3処理部と、建物の側面全体にわたって電波の干渉を考慮して電波障害状況を求める第4処理部とを備えても良い。

【0048】この発明に係る3次元都市情報表示システムは、3次元都市データベースと、前記3次元都市データベース内の建物の属性情報を格納する属性情報データベースと、前記3次元都市データベースに基づき表示画面を生成するとともに、前記属性情報データベースに基づき属性情報を前記表示画面に加える処理部と、前記処理部の出力に基づき都市情報及び属性情報を表示する表示部とを備える。

【0049】前記属性情報は、コメントボックスに表示されたり、建物の表面（グラフィック的に言えばテクスチャの代わり）に表示される。

【0050】前記属性情報データベースは概略の属性情報と詳細の属性情報とを含み、前記処理部に、前記概略の属性情報を表示するための第1処理部と、前記詳細の

属性情報を表示するための第2処理部とを備えても良い。例えば、建物を拡大表示すると詳細の属性情報が表示される。

【0051】さらに、前記処理部に、所定の操作に応じて3次元都市データベース内における視点を移動する視点移動手段と、視点の移動にともない表示画面を変更するとともに、属性情報の表示を変更する第3処理部を備えてもよい。視点を視点を移動すると、これに応じて表示される属性情報の内容が変化する。

【0052】さらに、前記処理部に、所定の操作に応じてあるいは状況に応じて自動的に建物の表面を透明あるいは半透明で表現する第4処理部を備えても良い。建物の内部を透視できるようになる。

【0053】

【発明の実施の形態】発明の実施の形態1. この発明の実施の形態1に係る3次元都市データ生成方法について、図を用いて説明する。

【0054】この発明の実施の形態1の方法は、大きく分けて、実際の都市の建造物のデータを収集する調査ステップと、収集されたデータに基づき都市の建造物のモデリングを行うステップと、モデリングにより生成されたデータを組み込み3次元都市データベースに統合するステップとを備える。

【0055】これを説明したものが図1のフローチャートである。図1によれば、事前に調査用の地図を作成するための2次元入力を行う(S1)。それから調査に出かけ、建物の高さを算出するための高さ判別を行い(S2)、対象となる建造物の参考写真の撮影を行う(S3)。これらの調査結果を持ち帰り、2次元地図データに建造物の高さを追加した汎用データベースを作成する(S4)とともに、データ量を抑えつつ建造物の表現をよりリアルにするためのオプションを追加する(S5)。そして、作成した建造物のデータを統合する組み込み処理を行い(S6)、3次元都市データベースを生成する。

【0056】図1のステップS2及びS3が調査ステップに相当し、同ステップS1、S4及びS5がモデリングステップに相当し、同ステップS6が統合ステップに相当する。

【0057】以下、調査ステップ、モデリングステップ、統合ステップの順番で、各処理を詳細に説明する。

【0058】1. 1 調査ステップ

調査に先立ち事前準備を行う。詳しくは後述するが、概略は次の通りである。まず、調査やモデリングの作業のしやすさを考慮しつつ、作成する都市をエリア分けする。次に、現況図(平面地図)をスキャニングし、それを下絵として用いて2次元の線分データを入力する。2次元の線分データを3部ずつプリントアウトして、エリアごとに調査用ファイルを作成する。これらは、それぞれ、高さ判別用の記入用紙、参考写真撮影時の記録用、

予備である。1/5000の現況図のコピーを使って閲覧表を作成する。これは調査、モデリングの進行状況を記入するのに使用する。これとともに、住宅地図を参考にA、Bランクにあたる建物をあらかじめチェックしておく。建物のランク分けはデータ量の増加を抑えつつ精度の高い3次元都市データベースを生成するために非常に重要である。なお、この建物のランクの詳細については、後述する。

【0059】高さ判別は、図2に示すように通常の三角測量の原理を用いて行う。このために、調査者は、レーザーや超音波を用いて距離を測る測距器(レンジング)101、測定ポイントを特定するためのデジタルカメラ102、水準器・分度計付三脚103、調査用ファイルなどを携帯する。

【0060】現地において、調査者は、レンジング101及びデジタルカメラ102が取り付けられた三脚103を水平に設置する。このときの状態を図3に示す。レンジング101及びデジタルカメラ102は鉛直軸に回転する三脚103の台に固定されている。このときのレンジング101及びデジタルカメラ102の高さが図2のh1に相当する。次に、測定地点から建物までの水平距離Lをレンジングで測る。次に、デジタルカメラ102のファインダーの中央(あるいは所定の位置)が調査すべき建物の天端に合うように三脚103の分度計を調節し、角度θを読み取る。ここでデジタルカメラ102を用いるのは、次の作業である写真撮影の便宜を図るとともに、通信回線で接続することによりオンラインで調査データを送信することを考慮したものである。以上の作業をすべての建物に対して行う。ただし、三脚103をなるべく一個所に固定しておき、できるだけ多くの建物の高さを測定することにより、作業時間の短縮をはかるのが望ましい。

【0061】建物の高さHは次式で与えられる。

【0062】 $H = h_1 + L \tan \theta$

なお、測定精度があまり問題にならない場合には、三脚を使わず、手持ちの測高器を使うこともできる。この場合、三脚の固定作業が不要になる分だけ作業効率が向上する。

【0063】建物の撮影は、次のように行う。事前に準備されたエリア分けの1ブロックごとに順番に、調査対象である建物を撮影していく。ここで、ブロックとはデータを作成するうえでの最小単位であり、道路あるいは川などにより囲まれた単位である。基本的に1ブロックは1住所に依存するが、場合によっては、1住所が複数ブロックに、あるいは1ブロックが複数住所にまたがる場合もある。この場合、最終データは前者が住所に、後者がブロックに依存する。

【0064】建物の撮影は、建物の4面撮影を基本とするが、A、Bランク以外の建物は道路側の面だけを撮影する。基本的にはアイレベルからの撮影とする。なお、

塔屋等、地上からの撮影が困難なものがある場合、別途、航空写真を参考にモデリングする。

【0065】図4は建物の撮影方法を説明するための図である。この図は1つのブロック110の平面図であり、比較的広い道路で区切られたこのブロック110には、全部で10の建物がある。図中で矢印は撮影方向を示し、矢印の先端の数字は撮影の整理番号を示す。図4からわかるように、撮影する対象及び方向は必ずしも一定ではない。これらは次のような観点から選択される。

【0066】A、Bランク以外の建物は道路側の面をその正面から撮影する。これは、A、Bランク以外の建物はあまり重要ではなく、高い精度のモデリングが不要だからである。

【0067】角の建物は、正面ではなく、その角の方向から撮影する。これは、この方向から撮影することにより、その建物の特徴がよくわかるとともに、1つの写真により2つの面についての情報を得ることができて、撮影の回数を減らすことができるからである。

【0068】建物の特徴的な形状、例えば角が単純な直角ではなく複雑な形状をしているときや、隣接する建物との境界に特徴があるようなときには、その部分を撮影する。このような特徴部分は、3次元都市の精度を高めるために重要である。

【0069】以上のような観点から撮影対象及び方向を選択すると、撮影の回数は、建物の数にそれらの特徴的な形状部分の数を加えたものになる。以上のように得られた調査データは、モデリングのときに必要な写真がすぐに検索できるように、撮影した時の位置、方向、枚数を調査用ファイルに記入して整理する。また、新築あるいは取り壊し等により現地の状況が変化している場合には、調査用ファイルにその詳細を記入するとともに、新しくできた建物については、その平面形状と位置を書き込んでおく。調査データは高さデータに変換された後に、デジタルカメラの画像データとともに保存される。

【0070】1. 2 モデリングステップ

モデリングとは、実際にコンピュータ上で表現される形状データの作成、または作業そのもののことをいう。モデリングは、例えば、図5に示すような構成のコンピュータ（パーソナルコンピュータ、ワークステーションなど）上で行われる。CPU（プロセッサ）10には入出力装置としてCRT11、キーボード12、マウス13、記憶手段としてRAM14、ROM15、ハードディスク16、外部記憶手段としてFLDドライブ17、CDドライブ18、MOドライブ19、通信手段としてモデム20を備える。

【0071】都市の3次元都市データベースを作成するうえでの主な作業行程は次の通りである。

【0072】（1）2次元データ入力：平面で構成される2次元のデータを作成する。

【0073】（2）3次元データ入力：立体で構成され

る3次元のデータを作成する。

【0074】（3）特殊地形入力：山や川など、都市とは異なる3次元の地形を作成する。

【0075】（4）オプション入力：基本となる形状データベースを編集する。

【0076】以上のステップの処理内容について順次説明していくが、その前に都市の3次元都市データベースにおけるモデリングの特徴について説明する。この発明の実施の形態1に係る3次元都市データベースのモデルには、敷地の形状データ、Aランクの建物、Bランクの建物、Cランクの建物に分類される。

【0077】敷地の形状データとは、道路や敷地等の建物以外の地表の形状データであり、具体的には図6に示されたものがある。これらは3次元都市データベースの精度を高め、より実感的にするために不可欠なものであるが、現地調査においてデータを採取する必要はあまりない。したがって、既存の地図データに基づき分類するとともに、この分類結果に基づき図6のような表現レベルを選択する。具体的には、次のように行う。1/2500の現況図をデジタル化した2次元データを利用し、道路、敷地等を作成する。例えば、樹木は現況図1/2500に記載してあるもののみモデリングの対象とし、しかもその形状は作らず座標のみ入力する。道路の白線等は航空写真を利用し、車線数、道路上の表示を確認し作成する。高架、橋、歩道橋等は、写真で形を確認し作成する。

【0078】なお、図6において、敷地等、道路、道路白線等の高さがそれぞれ0、-0.2、-0.15（単位は例えば「m」）とされている意味について説明する。一般に、水はけを良くするために敷地よりも道路は低いので、モデリングの際にも敷地は道路よりもやや高い位置を与えられる。一方、道路と道路白線は、通常同じ高さであるが、モデリングの際には、道路白線がやや高くなるように設定される。これはコンピュータグラフィック処理上の要請によるものである。すなわち、3次元コンピュータグラフィックにおいて、複数のポリゴン（多角形）を用いて立体を表現するとともに、そのポリゴンにテクスチャを貼り付けることにより色彩や模様を表現することが行われる。道路と道路白線を表現する方法として、道路をポリゴンで表現し、道路白線をこれに貼り付けるテクスチャで表現する方法が考えられる。しかしながら、この発明の実施の形態1の3次元都市データベースにおいては、両者を区別して表現した方がより実感的であるために、この方法は採用せず、道路及び道路白線の両方をポリゴンで表現している。この場合において、道路と道路白線が同じ高さにあると、コンピュータ処理上、どちらの材質（質感）を表現していいのか迷い、混乱することがある。そこで、道路白線の方を、実感上問題のない程度に高めに設定する（低めに設定すると道路白線が埋もれてしまい表現できない）。Aラン

クの建物とは、3次元都市データベースの精度及び実感を高めるために重要であって、データベース中に精密に再現される必要がある建物である。Aランクの建物として、8階以上の高さであったり、1ブロックの1/4を占めるような大きな建物、あるいは、公共施設、学校、病院、シティホテル、歴史的建造物、ランドマーク的建造物などの知名度が高い建物が選択される。Aランクの建物の表現基準の一例を、図7に示す。また、表現の一例を図10に示す。Aランクの建物のモデリングは、例えば次の手順で行われる。建物の位置を、現況図(1/2500)をデジタル化した2次元データを利用して定める。前述の調査ステップで撮影してきた写真と建物の高さデータを利用し作成する。写真で判定できる建物の形状、低層部、塔屋、バルコニー、階段、バラベットの立ち上がり、窓、屋上、壁の凸凹をポリゴンで表現する。図7からわかるように、Aランクの建物は、看板、屋上、窓及びガラス状の出入口、外壁、勾配屋根、ガラス以外の出入口の6つのカテゴリに分けられている。このように建物を複数のカテゴリのポリゴンで表現することにより、精密な3次元都市データベースを構築できる。

【0079】なお、図7において、屋上と窓及びガラス状の出入口を、いずれも0.05浮かせている意味について説明する。これはコンピュータグラフィック処理上の要請によるものである。屋上と窓及びガラス状の出入口は、精度及び実感を高めるために、いずれもポリゴン(多角形)を用いて表現される。この場合において、これらが同じ高さにあると、コンピュータ処理上、どちらの材質(質感)を表現していいのかわかり、混乱することがある。そこで、屋上と窓及びガラスを、それぞれ壁面を構成するポリゴンからやや浮かせるのである。

【0080】Bランクの建物とは、3次元都市データベースの精度及び実感を高めるために比較的重要であって、データベース中にやや精密に再現される必要がある建物である。Bランクの建物として、4階以上の高さであったり、1ブロックの1/9を占めるような比較的大きな建物、あるいは、Aランクの建物に含まれない一般のオフィスビルが選択される。Bランクの建物の表現基準の一例を、図8に示す。また、表現の一例を図11に示す。Bランクの建物のモデリングは、例えば次の手順で行われる。建物の位置を、現況図(1/2500)をデジタル化した2次元データを利用して定める。調査で撮影してきた写真(建物4面)と、高さを利用して作成する。写真で判定できる建物の形状、バルコニー、窓、屋上を表現する。図8からわかるように、Bランクの建物は、屋上、窓及びガラス状の出入口、外壁、勾配屋根、ガラス以外の出入口の5つのカテゴリに分けられている。図8において、屋上と窓及びガラス状の出入口を、いずれも0.05浮かせている理由は前述のとおりである。

【0081】Cランクの建物とは、Aランク、Bランクの建物に比べて重要度が低い建物である。Cランクの建物として、Aランク、Bランク以外の低層家屋、屋根付き駐輪場など(ただし、仮設家屋を除く)が含まれる。Cランクの建物の表現基準の一例を、図9に示す。Cランクの建物のモデリングは、例えば次の手順で行われる。建物の位置を、現況図(1/2500)をデジタル化した2次元データを利用して定める。形状は基本的に、予め生成しておいたデータベース(ライブラリ)を利用して適当なモデルを選択するとともに、選択されたモデルの形及び高さを調査結果に合わせて修正することにより生成する。基本的に箱形状のモデルを選択し、屋根、屋上、道路に面する玄関、窓を個別に修正して表現する。Cランクの建物のモデルとして、例えば図12に示すように単純化されたものが使用される。図12において、符号120は2階建ての鉄筋家屋モデルであり、符号121は平屋の木造家屋モデルである。符号120a、120b、120c、120d、120eは、それぞれ外壁、屋上、ガラス以外の出入口、窓、勾配屋根である。この他にも、3階建ての鉄筋家屋、2階建ての木造家屋のモデルが考えられる。このように、Cランクの建物のモデリングについては1から形状を作成する必要はなく、効率的な作業が可能になる。

【0082】A、B、C各ランクの建物を表現するために必要なポリゴン数は、おおむね、1対0.5対0.25になる。したがって、上述のように適宜ランク分けを行うことにより、3次元都市データベースの精度を低下させることなく、データ量を削減することができる。こうして作成された形状データは住所ごとの保存が行われ、管理される。

【0083】次に、(1)2次元データ入力、(2)3次元データ入力、(3)特殊地形入力、(4)オプション入力、の各ステップの処理内容について順次説明していく。

【0084】(1)2次元データのモデリング 2次元データの作成は調査前に行う。その理由は2次元データを出力したものが調査地図となるためである。作成手順は、図13に示された通りである。

【0085】1/2500の現況図をスキャニングし、下絵となる画像データを作成する(S10)。

【0086】モデリングソフトで下絵の座標軸、スケールを合わせる(S11)。

【0087】2次元データを作成する(S12)。すなわち、道路、敷地、建物、高架、橋などの輪郭と位置関係を下絵をなぞる。ただし、木は1/2500現況図に記載されているものだけ、座標のみを線状データで入力する。白線は航空写真を利用し、車線数、道路上の表示を確認して入力する。

【0088】完成した2次元データをエリア単位で保存する(S13)。

【0089】こうして完成した2次元データは、例えば図4に示されたようなものであり、最終的な3次元形状データの下地になるとともに、不備がないように調整して出力したものは調査地図となる。

【0090】(2) 3次元データのモデリング

デジタイズした2次元データと、高さ判別結果、参考写真をもとに、形状データを作成する。形状データはレイヤ単位で分けるものとし、図14の手順で作成する。

【0091】作成するエリアの2次元データと呼び出し、さらに住所単位の分割を行う。但し、この時、道路はエリア単位のままの保存を行う(S20)。

【0092】住所単位で3次元データを入力する。詳細は、図7～図9に示した通りである(S21)。

【0093】部品単位でのレイヤ分け、形状の重複、裏表がないかを確認して保存する(S22)。

【0094】モデリングデータをDXF(Drawing Exchange Format)形式に変換する(S23)。最終的な運用を行う形状データはDXF変換を行ったものである。その他については作成記録、更新用のデータとなる。

【0095】(3) 特殊地形のモデリング

特殊地形とは大規模な面積を有する山や川、公園などの通常とは異なる作成方法が要求される地形のことをいう。これにあたる代表的な例及びその作成方法について、以下に説明する。

【0096】山とそれに付随する建物及び道路は、図15の手順にしたがって生成される。

【0097】等高線の最終ライン(山の輪郭)は山に接する都市の境界と同じものであると仮定し、地図に記載された等高線を線状データでデジタイズする(S30)。

【0098】山に付随する建物と道路を下絵からデジタイズする(S31)。ステップS30とS31により2次元的情報が生成される。

【0099】等高線の最終ラインを都市の境界にある交差点の最も高い位置に合わせ、高さ入力を行う(S32)。これにより等高線の最終ラインの高さが都市の3次元都市データと関連づけられ、山(特殊地形)のデータと都市のデータとが一体になる。

【0100】等高線から山を作成する(S33)。すなわち、等高線の最終ラインの標高を基準として、順次等高線の標高を設定するとともに、設定された標高に基づき等高線に高さを与えることにより山を立体的に表現する。なお、等高線の最終ラインの標高さえ与えられれば、この処理は自動的に行うことができる。

【0101】デジタイズした建物と道路を作成し、山の高さに合わせて配置する(S34)。前のステップで山を立体的に表現できたので、これに合わせて建物を立体的に表現するとともに、その標高に合わせて配置する。この処理により、立体的に表現された建物及び山と道路とが、空間が正しい位置関係のもとに結合される。

【0102】保存できるサイズの分割を行う(S35)。データ量が大きくなったときは、取り扱いに便利な単位で3次元都市データを分割する。保存する場合はなるべく分割しないことが望ましいが、どうしても必要とされる場合、住所で分ける、或いはレイヤ単位にするなどの管理しやすい分割を行う。

【0103】保存を行う(S36)。分割を行っている場合は、それとわかる名称を記載すると便利である。

【0104】河川とそれに付随するものについても、山の場合と同様の処理を行う。

【0105】大きな公園については、芝、土、川、歩道など、下絵でわかる範囲での地形の入力を行う。敷地内建物については通常の作成方法と同様である。

【0106】その他の特殊地形、例えば、主に自然物などに見られる高低差が著しい地形に関しては山や川と同様の作成を行う。また、港や埋立地などの高低差が少ない地形は公園と同じになる。

【0107】(4) オプション

3次元都市データを運用するにあたって、基本となる形状データを何らかの形で編集するための処理が必要となる場合がある。この処理をオプションと呼ぶ。オプションは大きくわけて、5種類に分類される。第1は、LOD(Level Of Detail)である。形状データの追加あるいは削除等を行うことで建物の表現の詳細度を調整し、データ量との兼ね合いにおいて最適な精度で3次元都市データを構築する処理である。第2は、街灯、信号、標識などの街を構成するストリートファニチュアのオブジェクトを追加する処理である。第3は、建物の質感、例えば金属、コンクリートなどの材質の違いを表現する処理である。

【0108】第4は、形状データにマッピングを行う処理である。

【0109】第5は、形状データに地盤高低差を入力する処理である。この発明の実施の形態1に特徴的な、第3の建物の質感表現処理と第5の高低差入力処理について説明する。

【0110】建物の質感を表現する方法として、建物の外壁を構成するポリゴンに、その材質に応じたテクスチャを貼り付ける方法がある。この場合、問題となるのはそのテクスチャをどのように表現するかである。例えば、建物の窓等をテクスチャで質感とともに表現している場合、3次元都市を拡大するにつれて表現が粗くなってしまう。これでは、例えば車載用ナビゲーションシステムに用いた場合、車の進行にともない質感表現が変化し、不自然である。そこで、この発明の実施の形態1においては、建物の外壁のポリゴンとは別のポリゴンで窓等を構成することにより、このような不都合を回避している。また、テクスチャをどのように作成するかも問題であるが、調査時においてデジタルカメラで建物の壁面の画像データ(例えば、壁面を構成するタイルやレンガ

の写真)を入手しておき、この画像データを使用すると便利である。建物の外壁のポリゴンと窓等のポリゴンとが別であることから、質感を表現するために最適な条件の画像データ、例えば比較的接近して撮影した画像データを繰り返し貼り付けることにより、簡単に実感的なテクスチャを得ることができる。

【0111】次に高低差を入力する処理について説明する。ここでいう高低差とは、敷地自体が持つ高さのことをいう。効率の面からは、基本となる3次元都市データは高低差はないものとするのが望ましく、また、このように仮定してもほとんどの場合には問題はない。しかし、より精密で実感的な3次元都市データベースが求められることがある。例えば、カーナビゲーションシステムなどにおいて、実際の地表の状態に近いほど、表現はリアルになる。そこで、この発明の実施の形態1においては、オプションとして高低差を入力することが可能である。

【0112】なお、コンピュータグラフィック画面を作成して評価した結果によると、傾斜方向に視点を向けたとき(例えば道路が坂になっていて道路を進行するドライバーの視点から見たとき)、1:100の傾斜では平面との差異はほとんど見られなかったが、1:20の傾斜ともなると、平面の画面と傾斜の画面とでは明らかな差異が表われる。肉眼でも傾斜していると判別可能なレベルに達していることかわかった。また、道路がその横断方向に傾斜しているとき、ごくわずかの傾斜でもその状態を判別することができる。一方、鳥瞰の画像においては、わずかな歪みとして表われるのみで、この視点からではレベルの高低差を設ける必要性はほとんどないことがわかった。なお、高低差表現について詳細な検討を行ったので、その検討結果をこの実施の形態1の最後に述べる。

【0113】実際の入力においては、道路交差点を基準として入力を行う。道路交差点を基準とすることのメリットは、第1に、多くの場合、高さの基準が交差点に集中しているために地図上に記載された高さの入力が容易だからであり、第2に、交差点を基準にすることにより交差点近傍の道路の幅方向は常に水平であり、都市の3次元都市データとして使いやすいからである。また、道路の位置づけはこの都市データの中で非常に高いからである。

【0114】次に、高低差のモデリング手順について図16を用いて説明する。

【0115】下絵に基づいて平面図を作成する(S40)。この平面図は、作成済みの2次元データを転用することができる。エリア全体を覆う道路板を作成する(S41)。エリアの境界を、他エリアを基準に選定するとともに、はみ出す部分を削る(S42)。道路の交差点部分が多角形になるように、線の挿入を行う(S43)。以上のステップS40～S43が、平面図

を作成する処理である。ステップS40～S43の処理により、例えば、図17のような平面図が得られる。この図は最も単純な場合である、互い直交する2本の道路により区切られるブロックの例を示している。符号130は交差点、符号131は道路、符号132は敷地である。

【0116】この平面図を作成する処理の際の注意事項として次のようなことが挙げられる。まず、敷地内道路は歩道として処理することである。1つのブロック内の敷地132の中に道路がある場合が考えられるが、この道路は、上記の処理や図17で示す道路として扱わない。これは、処理を単純化して作業効率を上げるためであり、またこのようにしても道路132に沿った視点から見た画像の品質にさほど影響はなく、3次元都市データとしての精度の面で問題がないからである。次に、道路の縁石は断絶のないリング状にして扱うことである。入力する点の数を少なくすることにより作業効率を上げることができるからである。また、T字路等の交差点部分は多角形になるよう線を挿入しつつ、新たに道路境界線上に線を敷地内に挿入する。これらの処理により、例えば図18のような交差点の平面図が得られる。なお、後述の交差点の高さ入力の際の基準となる点は、多くの場合、歩道側(縁石の内側)にあるため、交差点130・道路131と縁石133の関係は図のようになっている。

【0117】次に、地図に基づいて各交差点部分の高さを入力する(S44)。多くの場合、交差点には測量の基準点が設けられているので、これを利用して高さを入力する。

【0118】道路、敷地の三角形分割を行う(S45)。道路131、敷地132の4つの頂点の高さを入力したときに、これらの4つの頂点が同一平面状にないことが考えられる。すると道路131、敷地132を平面で扱えなくなり不便であるので、道路131、敷地132を平面として扱えるように、これらを複数の三角形で分割するのである。図19において、三角形分割の分割線を符号134で示す。なお、通常の場合、交差点130は平面として扱い、三角形分割は行わない。これは實際上、交差点は平面状である場合がほとんどで、平面として扱う方が適当だからである。ただし、複雑な交差点、例えば三叉路、五叉路などの場合は三角形分割すべき場合がある。例えば、図21に示すような三叉路の場合、2つの分割線134により三角形分割を行うことが望ましい。

【0119】図19のA-A'矢視断面図を図20に示す。交差点(縦断面図19、20のAB間)は平面であるが、交差点と交差点の間(同、BD間において坂になっている)。この間のC点で傾きが変化しているが、これは三角形分割の影響のためである。次の交差点(同、DE間)は平面であるものの、傾きを持っている。この

図からわかるように、上記の処理により、交差点を含む道路の高低差を表現することができる。このような表現は、例えば、道路に沿って車でドライブするシミュレーションを行う場合に、非常に有効であり、ドライバーの視点から見て実感的な画像を提供することができる。

【0120】次に、平面で作成したオブジェクトを立ち上げ、道路部分との抜き出しを行う。さらに、建物の高さ位置の選定のため、建物の平面を上記と同様に抜き出す(S46)。

【0121】道路、縁石以外のすべてのデータを一定量、例えば20cmだけ引き上げる(S47)。通常、道路に比べて敷地がやや高くなっているからである。また、このように処理することにより、道路と敷地が同じ高さにあると、コンピュータ処理上、どちらの材質(質感)を表現していいのか迷い混乱することがあるので、敷地をやや浮かせるためでもある。なお、引き上げ量が大きすぎても小さすぎても不自然なので、10cm~20cm程度が適当である。

【0122】引き上げた部分との境界線に合うように、縁石を20cm立ち上げる(S48)。この処理により、道路と敷地との間の段差がなくなり、不自然でなくなる。

【0123】以上のステップS44~S48の処理により、高さ入力処理が行われる。この高さ入力処理において、エリア間の接続を自然に行うために、エリアの境界部分の高さ入力に関して、他エリアの道路データを参考にすることが望ましい。

【0124】次に、建物を作成する(S49)。これには作成済みの3次元データを転用することができる。さらに、高さ位置を選定した平面に合わせ、最も高さ位置が低い部分を0として建物を配置する(S49)。なお、このとき敷地が傾斜しているときでも、建物は鉛直方向に配置し、傾かないようにする。

【0125】完成したデータを通常と同様に、住所単位で保存する(S50)。

【0126】以上の建物作成処理における注意事項は次の点である。作業に用いるために使用した建物の平面は取り除く。傾斜している敷地が建物のフロアになると不自然だからである。また、建物に出入り口が存在する場合、出入り口を0とした配置を行い、敷地から浮いた部分は建物をマイナス方向に伸ばすことで処理する。高低差を作成するうえでの作業領域はエリア単位となる。保存は従来と同様に住所ごとになるが、道路は単体でエリアごとの保存となる。

【0127】1. 3 データ表現

以上の調査ステップ、モデリングステップが3次元都市データの基本的作成手順である。これらのデータは集中管理され、基本となる「形状データベース」となる。これを、所定の視点から見た画像にして出力すると、実感的な映像が得られる。

【0128】さらに、実際の運用にあたって様々な用途への転用を考慮し、「形状データベース」にさまざまな情報を付加してさらに高度な表現を目指したり、逆に簡素化してコンパクトなデータベースを目指したりすることが可能である。

【0129】これらさまざまな種類のデータベースの一例を以下に示す。

【0130】(1) 形状データベース

データ量は3.4MB、ポリゴン数は13,400ポリゴン、作成日数はモデリングに6日、設定に1日である。計算時間は3時間、ただし2048×1536ピクセルの場合である。レンダリングソフトとして市販のFormZRenderZone(商標)を用いた。前述のように、調査の写真からわかる形・窓・roofを表現するので、町並み・建物のイメージを表現することができる。また、細部の形を作らず、簡略化して表現することにより、膨大になるデータ量を必要最小限におさえ、かつ、それに費やされるであろう莫大な作業時間が軽減される。

【0131】(2) 精密レベル(形状データベースに通常程度のテクスチャ・マッピングを施したもの)

データ量は60MB、ポリゴン数は98,000ポリゴン、作成日数はモデリングに14日、設定に3日である。計算時間は32時間、ただし2048×1536ピクセルの場合である。レンダリングソフトとして市販のPERSONALLINKS(商標)を用いた。サッシ・壁の凹凸・エントランスなどの形状ディテールと、材質毎の質感表現を行っているので景観評価シミュレーションとして充分耐えうる。都市データだけでなく、エンターテイメント分野にも使用できる。また、画質的に様々な視点に耐えうる。特にアイレベルでの視点でも画像の品質に問題はない。しかし、(1)形状データベースに比べて、モデリング時間(特にサッシなどディテールの表現)、テクスチャの作成、質感設定に莫大な時間がかかる。

【0132】(3) 形状簡素・テクスチャ重視

データ量は3.9MB(形状データ)、16.8MB(画像データ)、ポリゴン数は50,613ポリゴン、作成日数はモデリングに2日、設定(写真撮影・テクスチャの編集を含む)に3日、計算時間は5時間45分、ただし2048×1536ピクセルの場合である。レンダリングソフトとして市販のFormZRenderZone(商標)を用いた。本物の写真をテクスチャとして使うためリアリティーがあるものの、建物全体の窓、装飾、色彩を含む写真を歪みなく撮影しなければならず、このマッピング用の写真の撮影、編集が難しく作業時間がかかる。また、レンダリングに多くのメモリが必要になり、計算時間がかかるという欠点がある。

【0133】(4) 形状精密+色表現、部分的マッピング

データ量は55MB、ポリゴン数は98,000ポリゴン、作成日数はモデリングに14日、設定に1.5日、計算時間は28時間、ただし2048×1536ピクセルの場合である。レンダリングソフトとして市販のPERSONAL LINKS(商標)を用いた。部分的マッピングによりランドマーク的な建物と看板を表現することができるので、表示された場所がどこか直感的に把握できる。しかし、モデリング時間(特にサッシなどディテールの表現)が増大する。また、調査段階に詳細な写真が必要となり、調査に時間がかかるとともに、写真から色を判断するため、色の設定が難しいという問題がある。

【0134】(5)形状精密+色表現、マッピングなし
データ量は51MB、ポリゴン数は98,000ポリゴン、作成日数はモデリングに14日、設定に1.5日、計算時間は24時間、ただし2048×1536ピクセルの場合である。レンダリングソフトとして市販のPERSONAL LINKS(商標)を用いた。(4)の場合と比べてマッピングがないだけデータ量が減るが、それでもモデリング時間が大きい。また、調査段階に詳細な写真が必要となり、調査に時間がかかるとともに、写真から色を判断するため、色の設定が難しいという問題がある。

【0135】(6)形状の大まかな凸凹のみ
データ量は1.8MB、ポリゴン数は8,700ポリゴン、作成日数はモデリングに2日、設定に半日、計算時間は2時間、ただし2048×1536ピクセルの場合である。レンダリングソフトとして市販のFormZ Render Zone(商標)を用いた。写真からわかる大まかな形のみの表現しかできないが、作業時間とデータ量は減る。しかし、質感による建物や町並みの独特の雰囲気表現できない。

【0136】(7)箱状 データ量は0.55MB、ポリゴン数は4,500ポリゴン、作成日数はモデリングに1日、設定に半日、計算時間は1.5時間、ただし2048×1536ピクセルの場合である。レンダリングソフトとして市販のFormZ Render Zone(商標)を用いた。最小限のデータ量と時間で作成できるものの、建物の形、雰囲気が全くわからない。

【0137】作業量及びデータ量と表現可能な画像の質及び精度はトレードオフの関係にある。以上の(1)～(7)について比較検討を行ったところ、作業量及びデータ量と表現可能な画像の質及び精度のバランスの点で最も優れているのが、この発明の実施の形態1に係る

(1)形状データベースであった。3次元都市データベースに対する要求は、例えば、仮想現実の世界において立体的に表現された都市の中を自由に歩きまわることであり、このような要求に応えるためには単なる箱や凹凸表現では足りず、建物の細部の表現が必要である。テクスチャを貼り付けることにより、さらに精密な3次元都

市データベースを作成するときも、(1)形状データベースに基づく効率的な作業が可能である。したがって、(1)形状データベースは、さまざま3次元都市データベースの基本となるものといえる。

【0138】なお、以上の説明において、屋外についての3次元都市データベースを作成する場合を例にとっていたが、この発明の実施の形態1の方法は屋内の3次元都市データベースを作成する場合にも適用できる。例えば、ある建物の各フロアの平面図に基づき、図1の2次元入力(S1)を行い、現地において家具、備品その他のオブジェクトの高さの判別(S2)と写真撮影(S3)を行う。この場合において、フロアの高さが一定であれば、これを基準に高さを設定すればよいから、屋外の場合に比べて調査が容易になる。そして、調査結果に基づき3次元入力(S4、S5)を行う。

【0139】屋外のデータベースと屋内のデータベースとをリンクすることにより、仮想現実の世界において都市の中を道路に沿って歩きまわることばかりでなく、道路から建物の中に入り、内部を巡ることもできる。

【0140】1.4 高低差表現についての検討結果
(1)高低差表現についての課題 ここでいう「高低差」とは敷地自体が持つ高さのことを示す。3次元都市データと称するからには、高低差は免れない問題であり、その存在意義は都市データ全体に関わるものである。しかし、その一方で効率化等とも関連して、その価値、つまり現実の高低差を3次元都市データにどの程度反映させるべきかについては、はっきりしていなかった。そこで、高低差の有効性、すなわち高低差は本当に必要か否かについて検討した。検証方法に関しては、実際に高低差を入力したサンプル画像を使用し、それと平面で入力された都市データの画像とを比較する。また、補足ながらも、平面で作成した場合における、都市周辺の山とのすり合せについても検証した。

【0141】なお、この検証で使用した高低差入力方法は、前述の「道路交差点を基準として高低差を入力していく方法」である。他の作成方法、例えば等高線、メッシュを利用した作成方法もあるが、高低差の最大の課題である効率化を考慮すると、これらは明らかに不適当であるので、この方法を採用した。

【0142】(2)高低差の有効性に関する検討
A. 狭い範囲(1エリア)における静止画の高低差
比較的平坦な地形(例えば、東京の霞ヶ関周辺区域)を想定したモデリングテストデータを構成し、これに基づき下記の合計6種類の視点から見た、それぞれ高低差の有無が設定された計12種の画像を作成し、それぞれの比較によって検証を行った。なお、図22に視点及び視線の説明図を示す。この図において、符号140は視点、符号141は視線、符号142は水平な道路面、符号143は傾斜した道路面、符号Lは参考のための水平線である。符号140aは下記の視点B、Dに対応し、

符号140bは下記の視点A、Bに対応する。

【0143】視点A 1:100の下降する傾斜視点からの画像(図23:左側は高低差あり、右側は高低差なし)

視点B 視点Aの逆位置から上昇する傾斜視点の画像(図24:左側は高低差あり、右側は高低差なし)

視点C 1:20の下降する傾斜視点からの画像(図25:左側は高低差あり、右側は高低差なし)

視点D 視点Cの逆位置から上昇する傾斜視点の画像(図26:左側は高低差あり、右側は高低差なし)

視点E 左右で傾斜となる視点からの画像(図27:左側は高低差あり、右側は高低差なし)

視点F 鳥瞰の画像(図28:左側は高低差あり、右側は高低差なし)

視点A、Bで検証した1:100の傾斜では、平面との差異はほとんど見られない。とくに視点Bの上昇する傾斜の場合は傾斜の有無を判別するのが困難なほどである。しかし、視点C、Dにおける1:20の傾斜ともなると、その差異に明らかな変化が表われる。両視点とも景観に大きな相違が表われ、肉眼でも傾斜と判別可能なレベルに達していることがわかった。

【0144】また、左右の傾斜を検証内容とした視点Eでは、予測範囲内での検証結果が得られた。視点C位置からの検証であるにもかかわらず、その差異はわずかなものであるが、傾斜の判別は可能である。

【0145】視点Fに至っては、前回と同様、わずかな歪みとして表われるのみで、この視点からでは望まれるレベルの高低差の必要性は実証できない。

【0146】B. 広い範囲(4エリア)における静止画の高低差

人口百万人ほどの比較的大きな都市(例えば札幌)の周辺4エリアとその周辺の山を想定した、広範囲のモデリングデータを用いて、高低差の有無がそれぞれ設定された鳥瞰の計2種の画像を作成し、それぞれの比較によって検証を行った。

【0147】広い範囲での高低差を見ることによって、大きな景観の違いを期待したか、むしろ狭い範囲での静止画よりも両者の識別が困難であることが実証された。理由として、整備された都市の場合は特に、高低差は山のごく限られた周辺においてのみ大きく、全体(4エリア)として10m程度の高低差しか及んでいないことがあげられる。

【0148】C. 動画の高低差

上記都市のモデリングデータを用いて、高低差の有無が設定されたQuickTime・VR(商標)による360°の動画を、計2種を作成し、それぞれの比較によって検証を行った。

【0149】静止画において高低差の有効性を実証できなかったものの、動画において高低差の相違を期待した。しかし、ここにおいてもさしたる高低差の効果は見

受けられなかった。結局のところ、動画にしても静止画の延長上のものに過ぎなく、一般の都市部程度の高低差では、その必要性は実証できなかった。

【0150】(3) 平面で作成した際の山とのすり合せに関する検証

3次元都市データを平面で作成すると考えた際、山との境界の矛盾は必然として発生する問題である。統一性という観点から都市部分は現状維持のまま、山を何らかの形で加工することで整合性をとるのが望ましい。都市の境界を山の最低高度ラインとして作成する。その高さを以下、

A. 現況図で見る境界の道路交差点の最も低い位置に合わせた設定B. 現況図で見る境界の道路交差点の平均位置に合わせた設定C. 現況図で見る境界の道路交差点の最も高い位置に合わせた設定の3パターンにわたる検証を行う。

【0151】境界を低い位置に設定した場合、山部分の低い位置での矛盾は緩和されるが、逆に高い位置では極端な急傾斜となり、見苦しいものとなった。境界を高い位置に設定した場合、前述のなだらかな斜面は画像として判別困難であるという事実からわかる通り、見た目の矛盾は生じない。境界を平均位置に設定した場合、一見、有効に思えるが、急斜面、崖となる部分は必然として存在し、またその平均の値を割り出すことの難しさを考えると有益と判断することはできない。

【0152】結論として、境界を道路交差点の最も高い位置に設定するのが賢明と思われる。しかし、これですべての問題が解決したわけではない。この方法では無視した高低差が50m程度までなら耐えられるが、100m以上となると、景観に大きな相違が生じる可能性がある。

【0153】この問題を打開するには、ある程度の斜面は高低差を作成するが、都市データ自体の範囲をなるべく等高線に沿ったものにすることが望ましいと思われる。

【0154】(4) 高低差についてのまとめ

以上のように、静止画、動画、共に映像的には高低差に大きな差異は認められなかった。作成効率や、高低差がある地形自体の利用頻度か低いことを考えれば、優先されるべきは平面で作成されたものと判断できる。現状での結論としては、高低差がデータ自体はまったくの別ものであっても、制作上では平面に追加といった形で構成されている性質を持つことや、都市データそのものの汎用性を考慮して、基本を平面で作成し、高低差は必要に応じて作成するという、オプションとしての扱いが妥当である。

【0155】なお、映像的には無価値でも、坂がメインとなる観光都市が対象となった場合や、解析等、データ的使用目的である際には必要性が生じる。今後、より高い精度の3次元都市データが求められるようになると、高低差表現は重要になるとも考えられる。

【0156】発明の実施の形態2. 発明の実施の形態1の1. 1項の調査ステップにおいて、図4に示すように多くの点から調査していた。しかし、大都市を対象に調査するためのコストが膨大になることを考えると、調査の点はなるべく少ないことが望ましい。そこで、この発明の実施の形態2では、調査の点の数を少なくすることができ調査方法について説明する。

【0157】この実施の形態による調査点は、図29に示されたようにブロックの四隅だけであり、図4の場合の3分の1です。すなわち、図29のブロック110の頂点の外部から、符号A~Dで示される方向で高さ測定及び写真撮影を行う。この方法で高さを判別するのは、基本的にブロックの角にある建物だけであり、その他の建物はその角の建物を基準にして、写真上の比率から高さを求める。

【0158】写真上の比率から高さを求めるためには、例えば次の手順で処理を行う。

【0159】図30のような画像が得られたとする。最も手前の建物の高さHは測定により知ることができるから、これを基準とする。例えば、画像上で手前の建物の屋根の線を延長し、その高さ(画素数)を測り、これを基準に建物の高さ x_1 、 x_2 を求める。図30の例で言えば、建物の高さ x_1 、 x_2 、 y_1 、 y_2 に対応する画素数を xx_1 、 xx_2 、 yy_1 、 yy_2 として、 $x_1 = H \cdot xx_1 / (xx_1 + yy_1)$ 又は $x_2 = H \cdot xx_2 / (xx_2 + yy_2)$

図30の画像はデジタルカメラにより得られるから、その画素数を数えることにより容易に x_1 、 x_2 、 y_1 、 y_2 を求めることができる。

【0160】この方法において精度を高めるためには、次のようなことを考慮する必要がある。

【0161】カメラのレンズの歪みを補正する。例えば、予め高さの分かっている建物を撮影することにより、実際の高さと計算で求めた高さとを一致させる補正值を予め求めておき、実際の測定のときにその補正值により正しい値に修正する。

【0162】1つの建物について複数のポイントで高さを求め、その平均値を高さとデータとする。図30では、1つの建物について2箇所の高さを測定しているので、これらの平均値を測定値とする。さらに、他の写真に同じ建物が写っている場合には、この写真に基づく高さも合わせるとよい。このとき複数の高さデータについて重み付けを行うことが考えられる。例えば、写真内の遠方の部分による高さの重みを小さくし、近傍の部分による高さの重みを大きくする。

【0163】この発明の実施の形態2の方法によれば、1つのブロックについてその角ごとに、例えば四角のブロックであれば4箇所、三角のブロックであれば3箇所というように調査すればよく、調査の箇所が非常に少なくて済み(例えば3分の1以下)、作業効率が著しく改善

される。

【0164】発明の実施の形態3. 発明の実施の形態1では、図3に示すように、三脚の上にレンジングとデジタルカメラを取り付けたものを用いて調査を行った。ところで、作業効率を向上させるためには、三脚を用いずに作業者が手で保持しながら作業できる装置が望ましい。そこで、3次元都市データを得るための装置について検討する。

【0165】発明の実施の形態3の説明からわかるように、この調査のために必要な機器の機能・性能は次のとおりである。まず、建物までの距離を測定できること、建物の高さを測定するために角度を測定できること、そして、建物のデジタル画像を得ることができることである。

【0166】以上の機能を満たすものとして、測量に用いられ、角度を測定できるハンドレベルにレンジングとデジタルカメラを組み合わせたものが考えられる。市販の簡易測量機器として次のようなものがある。距離と角度から直接スケールに高さが表示され、計算不要なブルーメイス測高器(角度測定精度 $\pm 1\%$)、定点15、20、30、40mの距離計付。赤外線距離計(Light SPEED 400(商品名))、測定可能距離15~400m(距離測定精度 ± 1 m)。レーザー距離計、測定可能距離0.2~30m(距離測定精度 ± 3 mm)。超音波距離計、測定可能距離0.5~18m($\pm 1\%$)。水準器と高度計付きのハンドレベル、精度0.5度、距離と角度から計算で高さを算出するもの。

【0167】また、デジタルカメラの距離計の精度を向上したものをいれれば、レンジングをこれで代用することもできる。さらに、デジタルカメラの画像に基づき任意の点の角度を求めることができれば、角度測定機能は不要になる。例えば、カメラ内に電気式水準器と傾斜計を備え、仰角を測定できるようにする。あるいは、画素ごとに予め角度を測定しておき、画素から直接角度を求める。この場合、特定の画素が常に水平線に一致する必要がある。一例を図31に示す。ファインダーの画面中に自動的に水平線Lを表示し、これと実際の水平線を一致させる。そして、建物Bの測定点Pをカーソル等を利用して指定する。この測定点Pの画素位置を測定することにより角度(高さ)を自動的に知ることができる。

【0168】なお、この機能ブロックを図32(b)に示す。この図において、デジタルカメラ30aの電子ファインダ30b内において、電気式水準器30dにより水平線が表示されるとともに、ジョイスティック、マウスなどのポインティングデバイス30eによりカーソルが移動する。画像データ及び測定点Pの画素位置の情報は、出力部30cを介して外部に出力される。

【0169】発明の実施の形態1の調査に最も適する機器として、デジタルカメラを基本とし、これに距離測定機能及び角度測定機能を付加したものが考えられる。な

お、すべての測定データがデジタル化されていると、後の処理において便利である。

【0170】発明の実施の形態4. 上記実施の形態3で説明した測定機器はデジタル情報を出力できることから、測定機器とホストコンピュータとを通信回線で結ぶことにより、さらに作業効率を上げることができる。

【0171】例えば、図32のように、デジタル画像、角度データ、及び距離データを出力する測定機器30をノートパソコン31に接続する。ノートパソコン31は、前述の方法により建物ごとの高さhを計算するとともに、画像データ、高さh、ブロック情報、建物情報を、PHSを使って送信する。ブロック情報はブロックを特定するための情報（例えば、番号）であり、建物情報はそのブロック内の建物を特定するための情報（例えば、番号）である。これらの情報は2次元情報を入力するときに設定され、ノートパソコン31のハードディスク内に記憶される。実際の調査にあたっては、調査者がその2次元情報を見ながら測定対象の建物を特定することにより、調査データとブロック情報及び建物情報とが一致する。

【0172】モデム33により受信された画像データ、高さh、ブロック情報、建物情報はホストコンピュータ34に入力され、データベース35に格納される。その後、前述のモデリング処理のために用いられる。

【0173】このように調査機器とホストコンピュータとをオンラインで接続することにより、調査効率が向上するのみならず、現地での調査のミスが少なくなり、精度の良い調査が可能になる。また、複数の調査機器から同時にデータ受信も可能であることから、調査のスピードが速くなる。さらに、調査の場所を問わないことから、1台のホストコンピュータがあれば、日本全国、インターネットを使えば全世界のいかなる都市でも3次元都市データベースを作成することができる。

【0174】発明の実施の形態5. 以上の方法とは異なる、高解像度衛星の利用したリモートセンシングにより建物の高さ情報を得るようにしてもよい。デジタル解析図化機用は、その標準画像として航空写真より安価な高解像度衛星画像を利用することができる。この画像は、現在は比較的低解像度（±5m）なため使用できないが、高い建物についてはある程度利用できる。また、将来、最低±0.1mの精度の高解像度衛星が利用可能になれば、それを使用することができる。

【0175】発明の実施の形態6. 上記のように製作された3次元都市データベースの運用方法について説明する。都市データを維持管理及び運用していくためには、汎用データベース、つまりさまざまな応用に対応することができる都市データベースが必要であり、この運用の方法として、リアルタイムベースのシステムを構築する方法と、画質重視のソフトウェアレンダリングベースの方法の2つの方法のいずれかで構築することが考え

られる。

【0176】リアルタイムデータベースによる方法は、次のような運用手順となる。

【0177】1. 運用形態に応じたシステムのデータ・ベース設計（GIS設計、文字情報、GPS設定、質感表現など）

2. テスト・サンプルの運用試験（データの仮組み込み）

3. データの本組み込み（形状、質感、テクスチャ）

4. 試験運用（ここから比較的处理能力の高いハードウェア/ソフトウェアが必要）

5. 本運用

6. メンテナンス

ソフトウェア・レンダリングによる方法は、次のような運用手順となる。1. 運用形態に応じたシステムのデータ・ベース設計（質感表現、組み込み設計）2. テスト・サンプル運用試験（データの仮組み込み）3. データの本組み込み（形状、質感、テクスチャ）

4. 試運用5. 本運用6. メンテナンス なお、ソフトウェア・レンダリングで選択する最終的なソフト・ウェアは莫大なデータの組み込み効率とアルゴリズム・マッピングデータの互換性、さらにはレンダリング画質をさらに考慮して選択する必要がある。

【0178】なお、上記のように運用される3次元都市データベースを、例えばオンラインで利用可能に構成してもよい。

【0179】発明の実施の形態7. 上記のように運用される3次元都市データベースは汎用性があり、他のシステムへ移植したり、様々な機器とリンクすることも可能であるし、さまざまなアプリケーションに適用できる。例えば、次のようなものが考えられる。

【0180】（1）3次元立体地図

（2）3次元カーナビゲーション

このアプリケーションにより提供される画面例を図33に示す。カーナビゲーションシステムは、位置センサから得られた位置情報及び方向センサから得られた進行方向に基づき視点と視線を決定するとともに、3次元都市データベースに基づき前記視点と視線から見た図33のような画面を表示する。併せて、現在の住所、進行方向の状況、左右の状況の情報も表示する。図33の画面は実際の風景と同じであるので、初心者にとってもわかりやすく使いやすい。また、図33のような3次元表示と、通常の平面図表示とを切り替えるように構成してもよい。

【0181】（3）検索システム（4）防災シミュレーション（5）日影シミュレーション

このアプリケーションにおける日影の領域の求め方を、図34に示す。図34（a）のように太陽Sの位置と建物Bの位置及び高さがわかれば日影の線を引くことができる。太陽Sの位置は季節により特定され、建物Bの位

置及び高さは3次元都市データベースから得られる。この線に基づき、図34(b)のように、地表に投影された日影の領域を特定することができる。太陽がS1の位置にあれば日影K1が生じ、太陽がS2の位置にあれば日影K2が生じる。太陽をS1からS2に連続的に移動させたとき、日影の端部の軌跡は符号Lようになる。3次元都市データベースを用いることにより、都市における複雑な日影の状況を、自動的に正確に求めることができる。(6)電波障害シミュレーション

このアプリケーションにおける電波障害状況の求め方を、図35に示す。電波障害にはマイクロ波のように直進性の強い電波が建物により遮られる場合と、比較的波長が長い電波において、直進波と建物で反射された反射波との干渉で生じるマルチパスの場合がある。図35において、領域AREAは、送信局Tからの電波が建物により遮られている領域を示し、点Pは、PATH1とPATH2とによりマルチパスが生じる領域を示す。いずれの場合も3次元都市データベースを用いることにより、これらを自動的に求めることができる。特に、3次元都市データベースの建物の高さ情報を用いることにより、建物の高さを考慮した、いわば3次元的なシミュレーションが可能となる。例えば、建物の高さ方向の電波の回折を考慮することや、建物の側面全体にわたって電波の干渉を考慮、つまり高さを考慮することが可能となる。したがって、より精密なシミュレーションが可能になる。(7)都市生活シミュレーション(8)都市及び建物内の人、車などの動体位置表示システム

(9)その他数値シミュレーション(形状データを利用した様々な物理シミュレーションなど)

(10)防災支援システム

(11)感光案内検索システム、旅行事前シミュレーションへの応用

(12)警備会社などのセキュリティ・システムへの利用

(13)地域産業支援システム

(14)地下埋設物の管理システム

(15)不動産調査管理システム(土地利用から税務管理など)

(16)市場調査支援システム

(17)交通管制システム

(18)電波障害、日影の解析データとしての利用

(19)3次元カー・ナビゲーション・システムへの利用

発明の実施の形態8. 上記のように運用される3次元都市データベースの表示手段として、通常のCRT、液晶表示装置のほかに、特に、VR(バーチャリアリティー:仮想現実)関連用途においては、プロジェクターやHMD(ヘッド・マウント・ディスプレイ)が考えられる。

【0182】発明の実施の形態9. 3次元都市データを

単独で用いるばかりでなく、他のデータと結合して高度な情報サービスを提供するようにしてもよい。例えば、建物とともにその建物についてのさまざまな情報を同時に表示するシステムが考えられる。従来の地図には建物の平面図に戸主名などの情報を書き込んだものがあるが、平屋の一般家屋だけなら問題ないが、高層ビルに関して同様の情報を表示しようとする则表示が複雑になり、使いにくかった。この点、3次元都市データを用い、コンピュータグラフィックにより立体的な表示を行えば、高層ビルに関してさまざまな検索を行えるとともに、視覚的に空間把握を行うことができ、利用者にとって非常に使いやすいものとなる。単に文字や平面地図による表現では把握できない空間認識が行える。

【0183】このようなシステムの例を図36乃至図40を用いて説明する。図36はこのシステムの概略構成を示す。CPU10、CRT11、キーボード12を備える点で図5と共通するが、ハードディスク16を2つ備え、地図データベース16aに加えて、その属性データベース16bを備える点で異なる。両者は互いに関連づけられており、3次元都市データに含まれる一部の建物を検索すると、これに対応する属性データも検索することができる。これらデータベースは、図36(b)のように同じハードディスク16上に構築することが可能である。

【0184】属性データベース16bは、例えば図37に示されるような内容を格納する。このデータベースは、3次元都市データに含まれる建物の名前あるいはその識別コードごとに整理され、さらにその建物のフロアごとに整理されている。したがって、任意の建物に関して、その建物全体あるいはフロアごとに属性情報を対応し、それを表示させることが可能である。フロア内の位置関係を整理するために、図37のようにテナントの位置を東西南北で表示することが考えられる。この他にも隣接するテナント同士の位置関係を定義する方法も考えられる。

【0185】3次元都市データで作成する建物及び施設の形状データを、さまざまな検索利用などの目的に利用するには、その属性情報として以下の項目を付加することが考えられる。

【0186】・住所地番

・建物用途

・建物構造規模

・建物竣工日、建物履歴情報(増改築、改修など)

・店舗、テナント、入居者情報

・建物所有者

・不動産評価額

次に、この実施の形態における表現形態の例について、図38乃至図40を用いて説明する。図38(a)は、道路Rに面するある五階建ての建物Bに関する情報を表示するために、いわゆる「ふきだし」(コメントボック

ス)を用いた例を示す。属性情報の表示は利用者の必要に応じて、あるいはプログラムにより自動的に表示される。この場合、その建物自体の建物構造規模、建物竣工日、建物履歴情報等の属性情報とともに、1階から5階のフロアごとにそれらの属性情報が順番に表示される。図38(b)は、建物の表示自体に属性情報を表示する例を示す。この図では建物自体の属性情報の表示は省略してある。図38(a)の方法は建物の外観とその属性を同時に表現できる点で優れ、一方、図38(b)の方法はどのフロアの情報を直感的に得ることができる点で優れる。図38(a)の方法と図38(b)の方法をそれぞれ単独で用いても、両者を組み合わせて用いても、どちらでもよい。

【0187】3次元都市データを用いて属性表示を行うと、利用者の視点の位置を自由に移動できるので使いやすく情報を把握しやすくなる。例えば、図39(a)のように建物Bの5階部分の属性情報が表示されているとき、利用者がこの部分の詳細情報を入手するには、3次元都市データ中で視点を建物Bに近づけて5階部分を拡大表示させる。すると、さらに詳細なテナントT1、T2に関する情報情報が表示される。図39(a)の属性情報と同図(b)の属性情報とは同じものではなく、例えば、前者は概略情報であり、後者は詳細情報である。図37は詳細情報の例を示すが、これら詳細情報に関連づけられた概略情報も用意されている。視点を建物Bに沿って移動させると図39(c)のように表示され、同図(b)では隠れていた部分を見ることができる。

【0188】また、図40のような表示態様も考えられる。建物Bの外観を透明あるいは半透明状に表現し、その内部を透視できるようにする。内部のテナントT1～T3の配置は一目で明らかである。

【0189】図39及び図40の表示形態は、詳細情報を把握できるとともに、その位置を直感的に知ることができるという点で非常に優れたものである。

【0190】発明の実施の形態10。立体的な3次元都市地図を表示するとともに、同時に都市の平面地図を表示するようにしてもよい。図41にその一例を示す。図41(a)は前述の3次元都市地図の表示画面であり、同図(b)は、同図(a)の視点及び視野を示すための平面図である。同図(b)によれば、同図(a)は、視点Pから建物Bを見た方向の画像であることがわかる。なお、平面図ではその高さがよくわからないから、同図(b)の上に「現在位置 S1W4 H=50m」と表示することにより、高さを知ることができる。なお、S1W4は地図上の座(例えば、南1丁目西4丁目)を意味する。同図(a)にも同様の表示がされ、画像の種類、日付、時刻を知ることができる。

【0191】なお、前述の日照シミュレーション技術と組み合わせることにより、太陽高度情報をコンピュータグラフィックス画像で再現することもできる。また、光

源を太陽光に代えて、街灯、ネオンサイン、投光器等の人工の照明を定義することにより、日照に限らず夜景も再現することもできる。

【0192】このように、地図画面とコンピュータグラフィックスをリンクすることができ、現在の視点位置を容易に把握することができる。

【0193】本発明は、以上の実施の形態に限定されることなく、特許請求の範囲に記載された発明の範囲内で、種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることは言うまでもない。

【0194】また、本明細書において、手段とは必ずしも物理的手段を意味するものではなく、各手段の機能が、ソフトウェアによって実現される場合も包含する。さらに、一つの手段の機能が、二つ以上の物理的手段により実現されても、若しくは、二つ以上の手段の機能が、一つの物理的手段により実現されてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1に係る3次元都市データ生成方法を示すフローチャートである。

【図2】 この発明の実施の形態1に係る建物の高さの測定方法の説明図である。

【図3】 この発明の実施の形態1の方法に用いられる測定装置の概略図である。

【図4】 この発明の実施の形態1に係るブロックにおける測定位置及び方向の説明図である。

【図5】 この発明の実施の形態1に用いられるコンピュータの構成図である。

【図6】 この発明の実施の形態1における敷地の形状データの説明図である。

【図7】 この発明の実施の形態1におけるAランクの建物の説明図である。

【図8】 この発明の実施の形態1におけるBランクの建物の説明図である。

【図9】 この発明の実施の形態1におけるCランクの建物の説明図である。

【図10】 この発明の実施の形態1におけるAランクの建物の例である。

【図11】 この発明の実施の形態1におけるBランクの建物の例である。

【図12】 この発明の実施の形態1におけるCランクの建物の例である。

【図13】 この発明の実施の形態1に係る2次元データの作成のフローチャートである。

【図14】 この発明の実施の形態1に係る3次元データのモデリングのフローチャートである。

【図15】 この発明の実施の形態1に係る特殊地形のモデリングのフローチャートである。

【図16】 この発明の実施の形態1に係る高低差のモデリングのフローチャートである。

【図17】 この発明の実施の形態1に係る高低差のモ

10

20

30

40

50

デリングの説明図である。

【図 1 8】 この発明の実施の形態 1 に係る高低差のモデリングの説明図である。

【図 1 9】 この発明の実施の形態 1 に係る高低差のモデリングの説明図である。

【図 2 0】 この発明の実施の形態 1 に係る高低差のモデリングの説明図である。

【図 2 1】 この発明の実施の形態 1 に係る高低差のモデリングの説明図である。

【図 2 2】 この発明の実施の形態 1 に係る高低差の評価の説明図である。

【図 2 3】 この発明の実施の形態 1 に係る高低差の評価画面の例である。

【図 2 4】 この発明の実施の形態 1 に係る高低差の評価画面の例である。

【図 2 5】 この発明の実施の形態 1 に係る高低差の評価画面の例である。

【図 2 6】 この発明の実施の形態 1 に係る高低差の評価画面の例である。

【図 2 7】 この発明の実施の形態 1 に係る高低差の評価画面の例である。

【図 2 8】 この発明の実施の形態 1 に係る高低差の評価画面の例である。

【図 2 9】 この発明の実施の形態 2 に係るブロックにおける測定位置及び方向の説明図である。

【図 3 0】 この発明の実施の形態 2 に係る建物の高さの測定方法の説明図である。

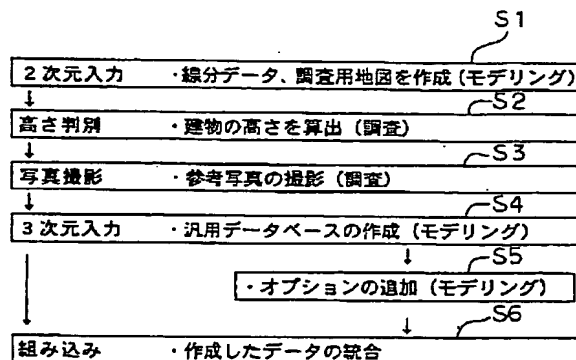
【図 3 1】 この発明の実施の形態 3 に係る建物の高さの測定方法の説明図である。

【図 3 2】 この発明の実施の形態 4 に係る測定機器とホストコンピュータとを通信回線で結んだ構成例である。

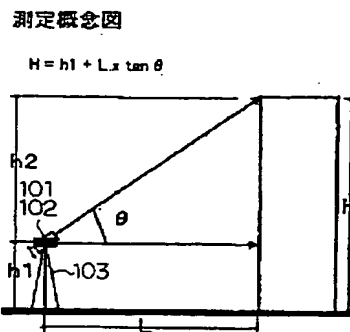
【図 3 3】 この発明の実施の形態 7 のアプリケーション（カーナビゲーション）の画面例である。

*

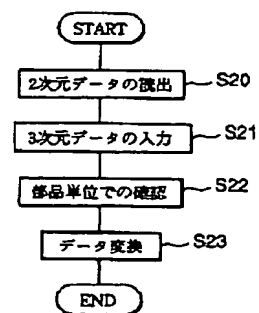
【図 1】



【図 2】



【図 1 4】



* 【図 3 4】 この発明の実施の形態 7 のアプリケーション（日影領域のシミュレーション）の説明図である。

【図 3 5】 この発明の実施の形態 7 のアプリケーション（電波障害状況シミュレーション）の説明図である。

【図 3 6】 この発明の実施の形態 9 のアプリケーション（立体的属性情報の表示システム）の概略ブロック図である。

【図 3 7】 この発明の実施の形態 9 の属性データベースの例である。

【図 3 8】 この発明の実施の形態 9 の画面表示例である。

【図 3 9】 この発明の実施の形態 9 の画面表示例である。

【図 4 0】 この発明の実施の形態 9 の画面表示例である。

【図 4 1】 この発明の実施の形態 1 0 の画面表示例である。

【符号の説明】

1 0 1 測距器（レンジング）

1 0 2 デジタルカメラ

1 0 3 水準器・分度計付三脚

1 2 0 a ランク C の建物の外壁

1 2 0 b ランク C の建物の屋上

1 2 0 c ランク C の建物のガラス以外の出入口

1 2 0 d ランク C の建物の窓

1 2 0 e ランク C の建物の勾配屋根

1 3 0 交差点

1 3 1 道路

1 3 2 敷地

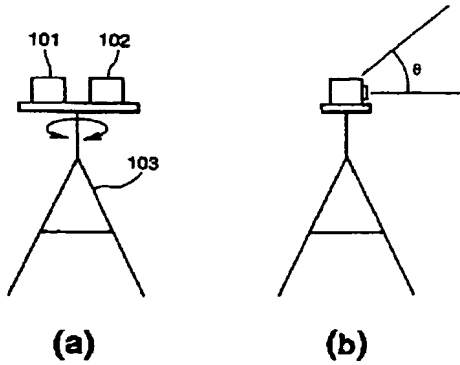
1 4 0 視点

1 4 1 視線

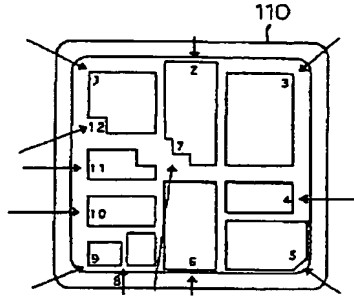
1 4 2 水平な道路面

1 4 3 傾斜した道路面

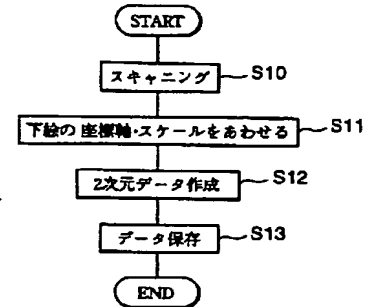
【図3】



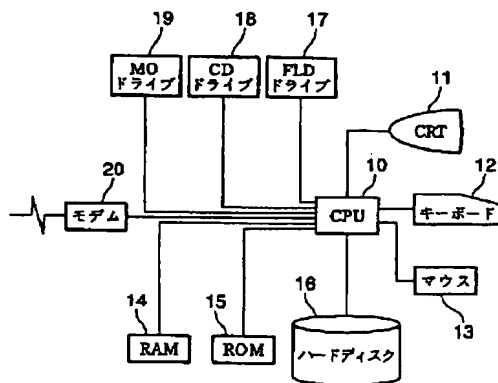
【図4】



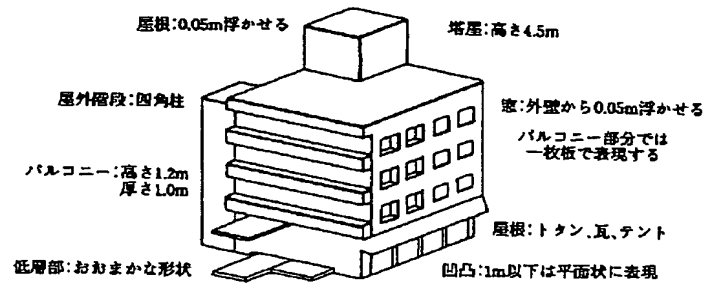
【図13】



【図5】



【図11】



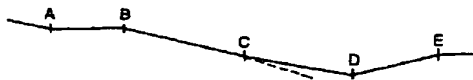
【図9】

対象物	表現レベル
屋上	板状に表現し、0.05浮かせる。
写真で判別できる窓、 ガラス状の出入り口	写真で判別できる形の窓を板状に作成し、 外壁に0.05浮かせて張り付ける。 道路に面した部分のみの作成となる。
外壁	基本的には、箱状で入力する。
赤色系の勾配屋根 青色系の勾配屋根 茶色系の勾配屋根 上記以外の勾配屋根	トタン、瓦、テント状のものを対象とする。 厚さ0.2
ガラス以外の出入り口	

【図6】

対象物	表現レベル
敷地	0の高さ位置で板状に作成する。
アスファルトの歩道 インターロッキングの歩道	0の高さ位置で板状に作成する。
縁石	高さ0.2、厚さ0.2。 角は半径1、分割数6でラウンディングする。
樹木	位置のみを線で結ぶ。 並木はなるべく縁石付近に配置する。
芝生、小さな公園、他草系	0の高さ位置で板状に作成する。
駐車場	0の高さ位置で板状に作成する。
グラウンド、さら地、畑、他土系	0の高さ位置で板状に作成する。
道路。	-0.2の高さ位置で板状に作成。 道路直線を平行にすること。
道路白線、横断歩道	-0.15の高さ位置で板状に作成。 道路白線：厚さ0.2、車線数に依存。 横断歩道：厚さ、間隔0.5。
河川、海、その他水系	調査で判別する位置に応じた板状に作成。
地下、大規模構造体の天井 地下、大規模構造体の壁 地下、大規模構造体の床	調査で判別する位置に応じた板状に作成。 基本は箱形状となる。
塀、よう壁、他コンクリート系	写真で判別できる範囲で作成。 塀：厚さ0.2。
フェンス、ナイロンネット系	板状に作成。
路線	高さ0.5で路線の台座のみを表現する。
路線敷地	踏切部分では道路に合わせ、台座を拡張。
路面電车用線路	レール2本によって線路を表現する。
地下鉄路線	路線のみを箱形状で表現する。
地下鉄出入り口	出入り口は勾配屋根、箱形状で表現する。
橋、軌道端、高架。	小さな橋：コの字型に表現する。 大きな橋：写真で判別できる範囲で作成。 手すりはハンドレールのみ。 歩道橋：シンボルの調整。

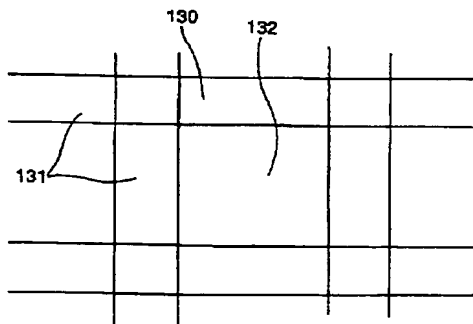
【図20】



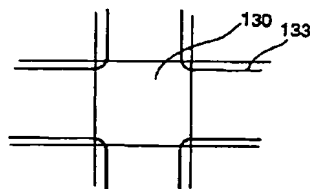
【図7】

対象物	表現レベル
屋根上の大型看板を対象とし、突き出し、張り付け看板は対象外	箱形状とし、デザイン的なもの以外は角に足を作成する。
低層部、高層部、塔屋、庇の屋上	板状に表現し、0.05浮かせる。 突き出し部分には入力しない。
写真で判別できる窓、ガラス状の出入り口	写真で判別できる形の窓を板状に作成し、外壁に0.05浮かせて張り付ける。 カーテンウォールは一枚板で表現する。
白色系及びベージュ系の外壁 灰色系の外壁 茶色系の外壁 黒色系の外壁 上記以外の外壁	写真で判別できる低層部、高層部、塔屋、屋上、庇、階段、バルコニー、窓、柱、壁の凹凸、段差、スロープを表現する。 ・塔屋：高さ4.5 ・凹凸：0.5以上、出窓は無条件で作成。 ・円柱：8分割前後 ・段差：一段0.15 ・屋外階段：シンボルの調整 ・螺旋階段：ポール6本、屋上、支柱 ・パラペット：高さ0.5、厚さ0.15 ・バルコニー：分割数2でラウンディング ・壁のR：8分割/90°
赤色系の勾配屋根 青色系の勾配屋根 茶色系の勾配屋根 上記以外の勾配屋根	トタン、瓦、テント状のものを対象とする。 厚さ0.2
ガラス以外の出入り口	

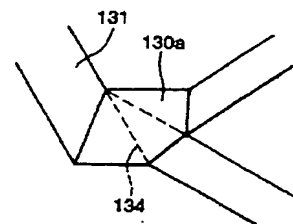
【図17】



【図18】



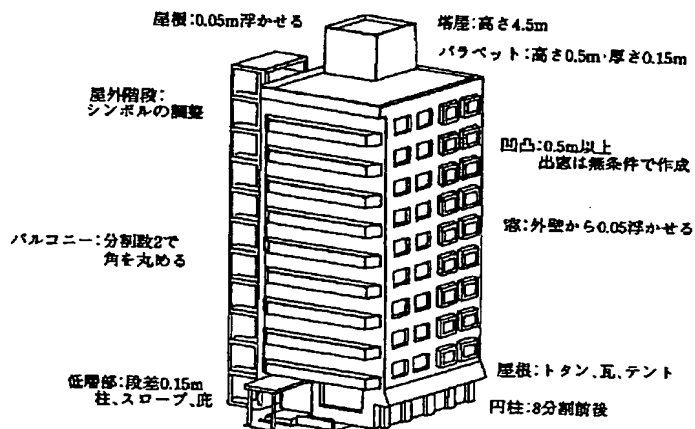
【図21】



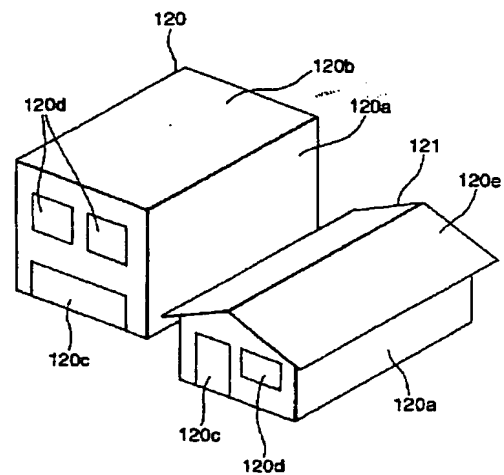
【図8】

対象物	表現レベル
低層部、高層部、塔屋、底の屋上	板状に表現し、0.05浮かせる。 突き出し部分には入力しない。
写真で判別できる窓、 ガラス状の出入り口	写真で判別できる形の窓を板状に作成し、 外壁に0.05浮かせて張り付ける。 カーテンウォールは一枚板で表現する。 バルコニー一部分では一枚板で表現する。
外壁	写真で判別できる形を表現する。 1m以下の凹凸は平面状に表現する。 バルコニー：高さ1.2、厚さ1.0 屋外階段：四角柱 螺旋階段：八角柱
赤色系の勾配屋根 青色系の勾配屋根 茶色系の勾配屋根 上記以外の勾配屋根。	トタン、瓦、テント状のものを対象とする。 厚さ0.2
ガラス以外の出入り口	

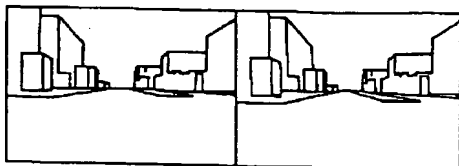
【図10】



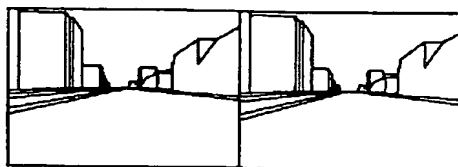
【図12】



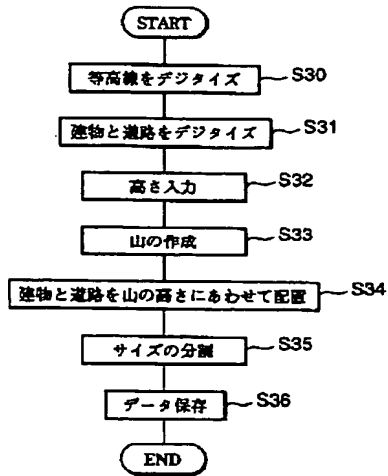
【図23】



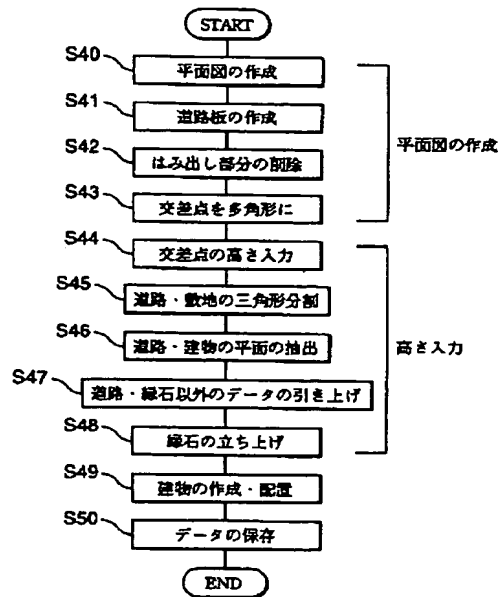
【図24】



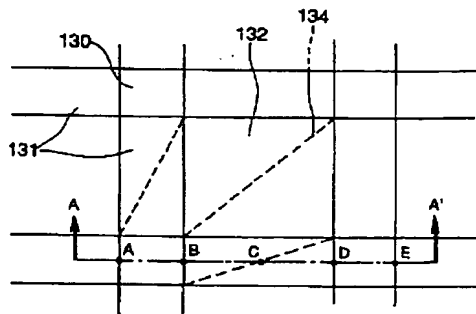
【図15】



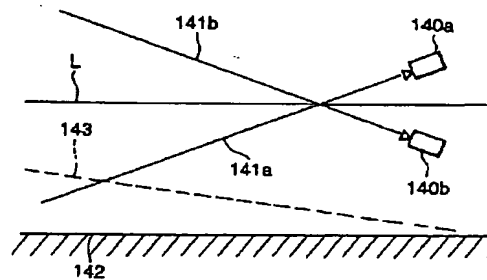
【図16】



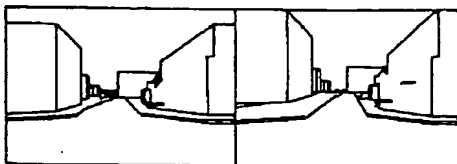
【図19】



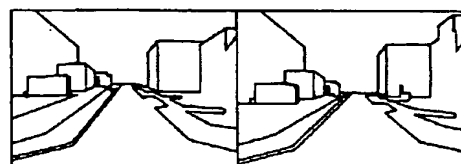
【図22】



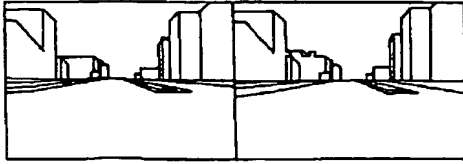
【図25】



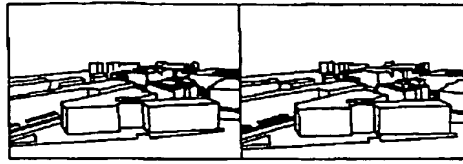
【図26】



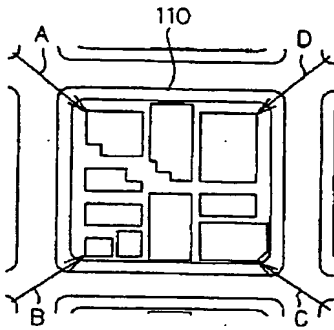
【図27】



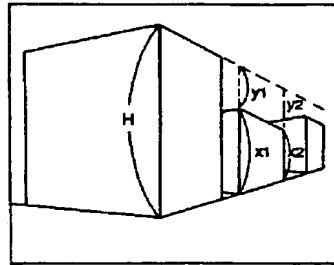
【図28】



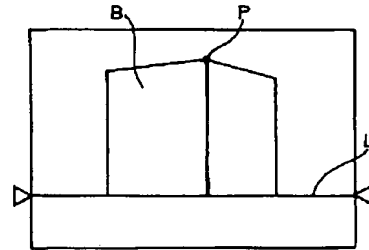
【図29】



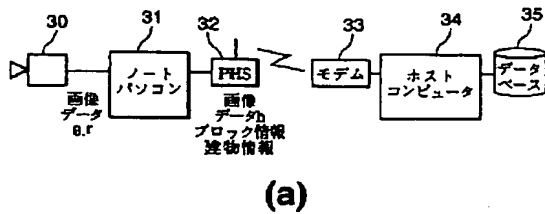
【図30】



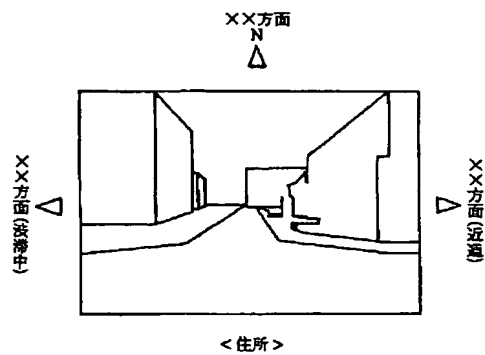
【図31】



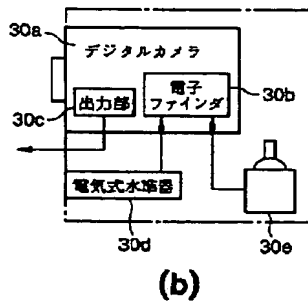
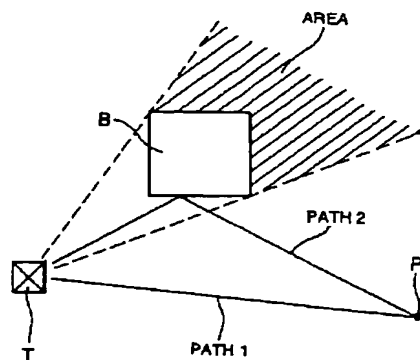
【図32】



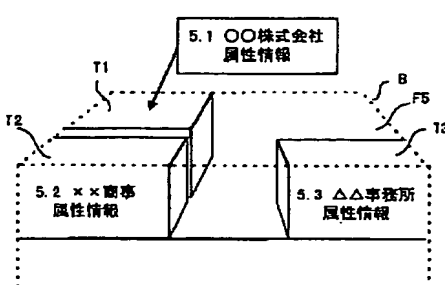
【図33】



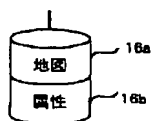
【図35】



【圖40】

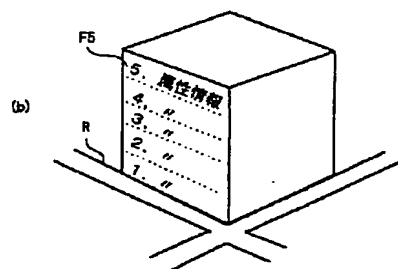


(a)



(b)

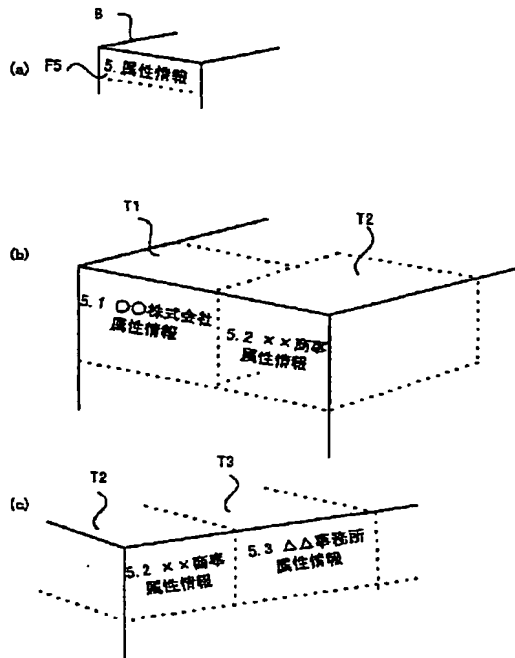
【圖 38】



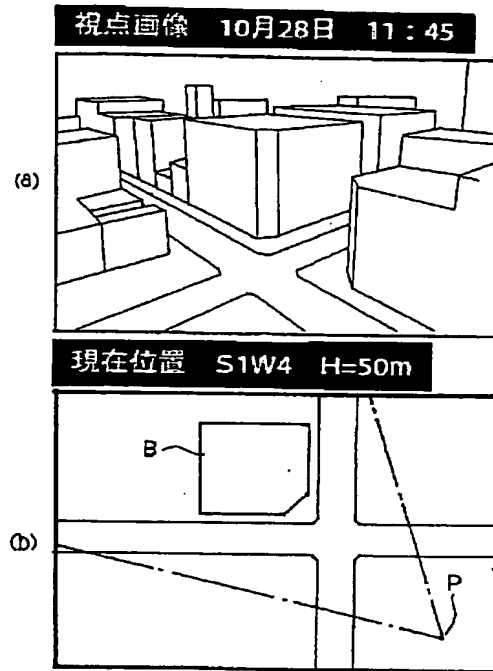
【图 37】

建物名 (識別コード)	階数 情報	フロア内 配置情報	属性情報	
			テナント名	属性情報
〇〇ビル	5	北西	〇〇株式会社	...
		南西	××商事	...
		東南	△△事務所	...
	4			

【図39】



【図41】



フロントページの続き

(72)発明者 錦見 誠司
北海道札幌市中央区北2条西10丁目2番7
号 株式会社ウォール内

(72)発明者 高橋 成康
北海道札幌市中央区北2条西10丁目2番7
号 株式会社ウォール内

(72)発明者 田下 尚宏
北海道札幌市中央区北2条西10丁目2番7
号 株式会社ウォール内